

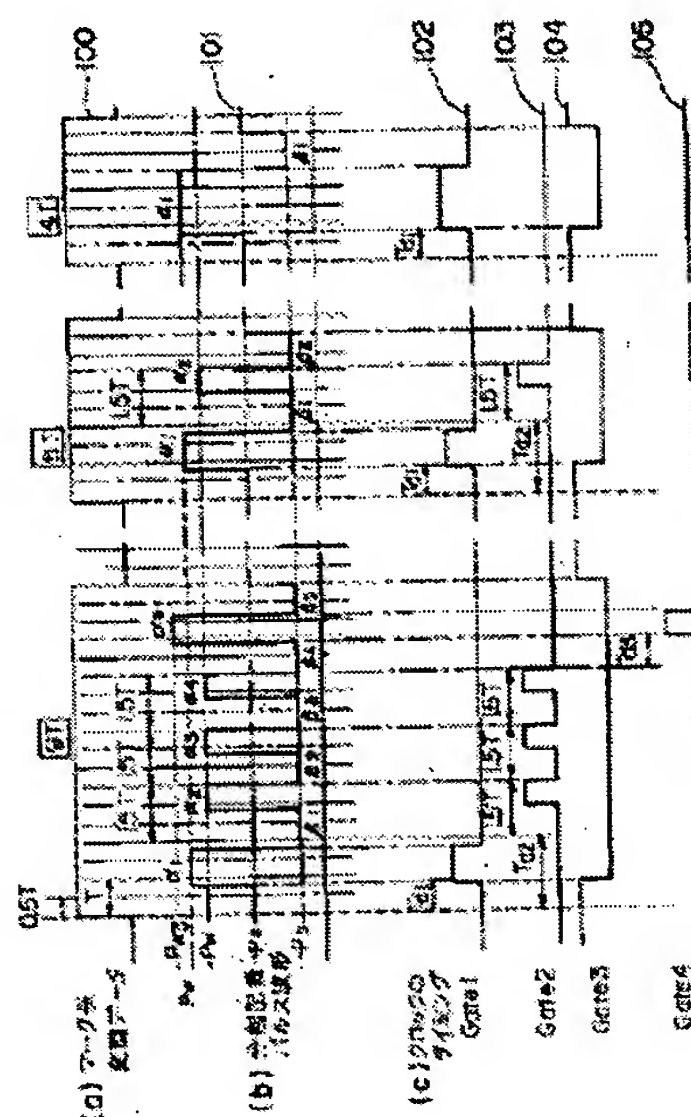
## OPTICAL RECORDING METHOD AND OPTICAL RECORDING MEDIUM

Patent number: JP2001331936  
Publication date: 2001-11-30  
Inventor: NOBUKUNI NATSUKO; HORIE MICHIKAZU  
Applicant: MITSUBISHI CHEM CORP  
Classification:  
- international: **B41M5/26; G11B7/0045; G11B7/24; G11B7/243;**  
**B41M5/26; G11B7/00; G11B7/24; (IPC1-7):**  
**G11B7/0045; B41M5/26; G11B7/24**  
- european:  
Application number: JP20000139953 20000512  
Priority number(s): JP20000139953 20000512; JP19990138067 19990519;  
JP20000076514 20000317

Report a data error here

## Abstract of JP2001331936

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical recording method using the pulse dividing method such that the satisfied recording of the mark length modulation is performable. **SOLUTION:** In the case the mark length modulated information is recorded on a recording medium by the plural recording mark lengths, (i) the time-wise length  $nT$  of the recording mark is divided in order of  $\alpha 1T$ ,  $\alpha 1T$ ,  $\beta 1T$ ,  $\alpha 2T$ ,  $\beta 2T$ , ...,  $\alpha iT$ ,  $\beta iT$ , ...,  $\alpha mT$ ,  $\beta mT$ ,  $\beta 2T$ , and the arrangement is made so that the irradiation of the recording light having the recording power  $P_{wi}$  is made thereon in the time of  $\beta iT$  ( $1 \leq i \leq m$ ), and the irradiation of the recording light having the bias power  $P_{bi}$  such as  $P_{bi} < P_{wi}$  and  $P_{bi} < P_{wi} + 1$  is made in the time of  $\beta iT$  ( $1 \leq i \leq m$ ), then (ii) in accordance with  $n$  of the time-wise length  $nT$  of the recording mark,  $m$ ,  $\alpha i$ ,  $\beta i$ ,  $\beta 1$ ,  $\beta 2$ ,  $P_{wi}$ ,  $P_{bi}$  are made variable, and for the time-wise length of at least one recording mark, the above pulse divided number  $m$  is settled  $\geq 2$ , and also expression  $n/m \geq 1.25$  is satisfied for the time-wise lengths of all recording marks.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-331936

(P2001-331936A)

(43)公開日 平成13年11月30日(2001. 11. 30)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テ-マ-ト\*(参考)

G 1 1 B 7/0045

G 1 1 B 7/0045

A 2 H 1 1 1

B 4 1 M 5/26

7/24

5 1 1

5 D 0 2 9

G 1 1 B 7/24

5 1 1

B 4 1 M 5/26

X 5 D 0 9 0

審査請求 未請求 請求項の数32 O L (全 39 頁)

(21)出願番号 特願2000-139953(P2000-139953)

(22)出願日 平成12年5月12日(2000. 5. 12)

(31)優先権主張番号 特願平11-138067

(32)優先日 平成11年5月19日(1999. 5. 19)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願2000-76514(P2000-76514)

(32)優先日 平成12年3月17日(2000. 3. 17)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72)発明者 信國 奈津子

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(72)発明者 堀江 通和

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(74)代理人 100103997

弁理士 長谷川 曉司

最終頁に続く

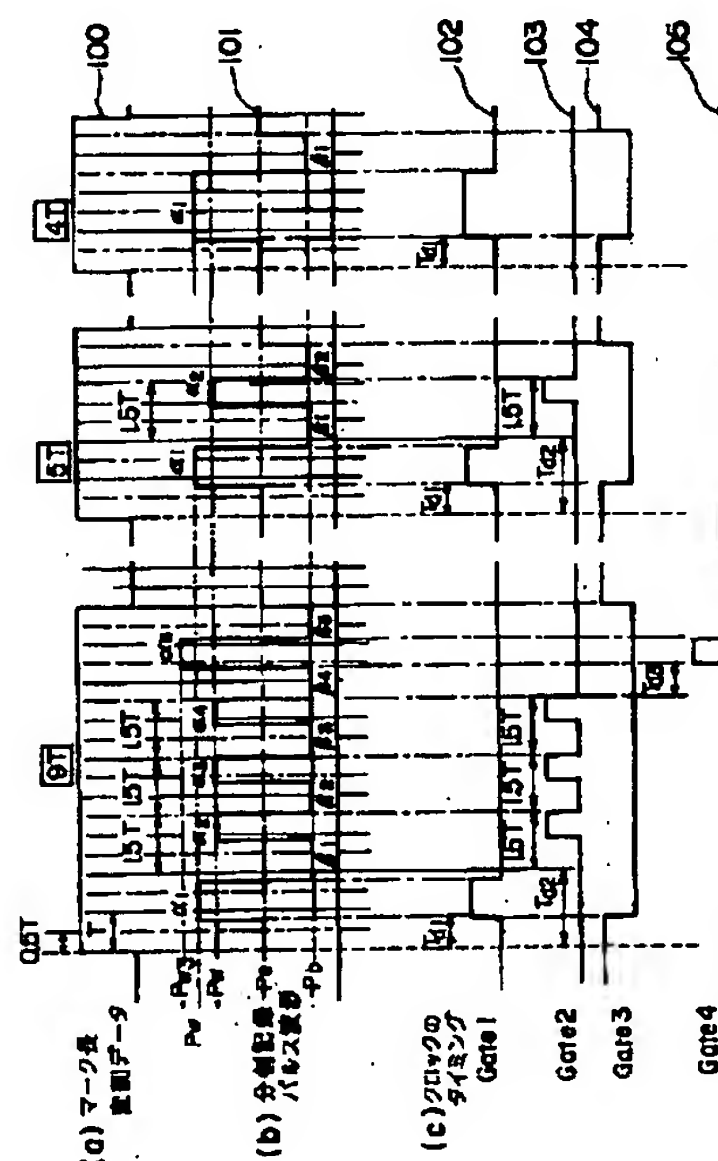
(54)【発明の名称】 光記録方法及び光記録媒体

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 良好なマーク長変調記録が行えるようなパルス分割法を用いた光記録方法を提供する。

【解決手段】 記録媒体にマーク長変調された情報を複数の記録マーク長により記録するにあたり

(i) 記録マークの時間的長さ  $nT$  を、  
 $n_1 T, \alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T, n_2 T$   
の順に分割し、 $\alpha_i T (1 \leq i \leq m)$  の時間内においては記録パワー  $Pw_i$  の記録光を照射し、 $\beta_i T (1 \leq i \leq m)$  の時間内においては、 $Pb_i < Pw_i$  かつ  $Pb_i < Pw_{i+1}$  なるバイアスパワー  $Pb_i$  の記録光を照射するものとし、(ii) 上記記録マークの時間的長さ  $nT$  の  $n$  に応じて  $m, \alpha_i, \beta_i, n_1, n_2, Pw_i, Pb_i$  を可変とし、少なくとも一つの記録マークの時間的長さについては上記パルス分割数  $m$  を2以上とし、かつ、全ての記録マークの時間的長さについて  $n/m \geq 1.25$  を満たすようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体に光を照射することによってマーク長変調された情報を複数の記録マーク長により記録するにあたり、一つの記録マークの時間的な長さを  $nT$  としたとき ( $T$  は基準クロック周期であって  $25\text{ ns}$  以下である。 $n$  は2以上の自然数である。)、記録マークの時間的な長さ  $nT$  を、

## 【数1】

$\eta_1 T, \alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T, \eta_2 T$   
( $m$  はパルス分割数である。 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + \eta_1 + \eta_2 = n$  である。 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) は0より大きい実数であり、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) は0より大きい実数であり、 $\beta_m$  は0以上の実数である。 $\eta_1$  及び  $\eta_2$  はそれぞれ-2以上2以下の実数である。) の順に分割し、

$\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては記録パワー  $Pw_i$  の記録光を照射し、

$\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) の時間内においては、 $Pb_i < Pw_i$  かつ  $Pb_i < Pw_{i+1}$  なるバイアスパワー  $Pb_i$  の記録光を照射し、

少なくとも一つの記録マークの時間的な長さについては上記パルス分割数  $m$  を2以上とし、かつ、全ての記録マークの時間的な長さについて  $n/m \geq 1.25$  を満たすことを特徴とする光記録方法。

【請求項2】  $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) は0.5~2.5である請求項1に記載の光記録方法。

【請求項3】 全ての記録マークの時間的な長さについて、 $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の平均値が3ナノ秒以上で、かつ  $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) の平均値が3ナノ秒以上である請求項1または2に記載の光記録方法。

【請求項4】 全ての記録マークの時間的な長さについて、それぞれの  $i$  に対して  $\alpha_i T \geq 3$  ナノ秒 ( $1 \leq i \leq m$ ) で、かつ  $\beta_i T \geq 3$  ナノ秒 ( $1 \leq i \leq m-1$ ) である請求項1乃至3のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項5】 全ての記録マークの時間的な長さについて、 $n/m \geq 1.5$  を満たす請求項1乃至4のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項6】  $\alpha_i + \beta_i$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) あるいは、 $\beta_{i-1} + \alpha_i$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) が、1.5、2、あるいは2.5のいずれかの値をとる請求項1乃至5のいずれか1つに記載の光記録方法。

【請求項7】  $n$  の異なる少なくとも2つの記録マークについて、同一のパルス分割数  $m$  を用い、前記少なくとも2つの記録マークにおいて、 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ )、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m-1$ )、 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $Pw_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) 及び  $Pb_i$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) の少なくとも1つが相互に異なる請求項1乃至6のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項8】 マーク長が  $nT = 2LT$  (ただし、 $L$  は

2以上の整数) で表される場合、マークを分割数  $m = L$  個の区間に分割し、記録パルス区間  $\alpha_i T$  及びオフパルス区間  $\beta_i T$  における  $\alpha_i$  及び  $\beta_i$  (これらは  $L$  の値に応じて変化し得る) を下記のように定め、

【数2】  $\alpha_1 + \beta_1 = 2 + \delta_1$

$\alpha_i + \beta_i = 2$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )

$\alpha_m + \beta_m = 2 + \delta_2$

(ただし、 $\delta_1$  及び  $\delta_2$  は、それぞれ順に、 $-0.5 \leq \delta_1 \leq 0.5$ 、及び  $-1 \leq \delta_2 \leq 1$  を満足する実数である。また、 $L = 2$  の場合には、 $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\alpha_m$  及び  $\beta_m$  のみが存在するものとする。)

マーク長が  $nT = (2L+1)T$  で表される場合、マークを分割数  $m = L$  個の区間に分割し、記録パルス区間  $\alpha'_i T$  及びオフパルス区間  $\beta'_i T$  における  $\alpha'_i$  及び  $\beta'_i$  (これらは  $L$  の値に応じて変化し得る) を下記のように定め、

【数3】  $\alpha'_1 + \beta'_1 = 2.5 + \delta'_1$

$\alpha'_i + \beta'_i = 2$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )

$\alpha'_m + \beta'_m = 2.5 + \delta'_2$

(ただし、 $\delta'_1$  及び  $\delta'_2$  は、それぞれ順に、 $-0.5 \leq \delta'_1 \leq 0.5$ 、及び  $-1 \leq \delta'_2 \leq 1$  を満足する実数である。また、 $L = 2$  の場合には、 $\alpha'_1$ 、 $\beta'_1$ 、 $\alpha'_m$  及び  $\beta'_m$  のみが存在するものとする。)

且つ、 $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\alpha_m$ 、 $\beta_m$ 、 $\alpha'_1$ 、 $\beta'_1$ 、 $\alpha'_m$ 、及び  $\beta'_m$  が下記式を満足することを特徴とする請求項7に記載の光記録方法。

## 【数4】

$\alpha_1 + \beta_1 + \alpha_m + \beta_m + \Delta = \alpha'_1 + \beta'_1 + \alpha'_m + \beta'_m$   
(ここで、 $\Delta = 0.8 \sim 1.2$  である)

【請求項9】  $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\alpha'_1$  及び  $\beta'_1$  が下記式を満足する請求項8に記載の光記録方法。

【数5】  $\alpha_1 + \beta_1 + \Delta_1 = \alpha'_1 + \beta'_1$

(ただし、 $\Delta_1 = 0.4 \sim 0.6$ )

【請求項10】 マーク長が  $nT = 2LT$  (ただし、 $L$  は2以上の整数) で表される場合、マークを分割数  $m = L$  個の区間に分割し、記録パルス区間  $\alpha_i T$  及びオフパルス区間  $\beta_i T$  における  $\alpha_i$  及び  $\beta_i$  (これらは  $L$  の値に応じて変化し得る) を下記のように定め、

【数6】  $T_{d1} + \alpha_1 = 2 + \epsilon_1$

$\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$  ( $2 \leq i \leq m$ )

一方、マーク長が  $nT = (2L+1)T$  で表される場合、マークを分割数  $m = L$  個に分割し、記録パルス区間  $\alpha'_i T$  及びオフパルス区間  $\beta'_i T$  における  $\alpha'_i$  及び  $\beta'_i$  (これらは  $L$  の値に応じて変化し得る) を下記のように定め、

【数7】  $T_{d1}' + \alpha'_1 = 2 + \epsilon_1'$

$\beta'_1 + \alpha'_2 = 2.5 + \epsilon_2'$

$\beta'_{i-1} + \alpha'_i = 2$  ( $3 \leq i \leq m-1$ )

$\beta'_{m-1} + \alpha'_m = 2.5 + \epsilon_3'$

(ただし、 $L = 2$  の場合には、 $\beta'_1 + \alpha'_2 = 2.5 +$

$\epsilon_2'$ 、あるいは、 $\beta_1' + \alpha_2' = 3 + \epsilon_2'$  とする。また、 $T_{d1}$ 、 $T_{d1}'$  は $-2$ 以上 $2$ 以下なるしによらないほぼ一定の実数値とする。さらに、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_1'$ 、 $\epsilon_2'$ 、 $\epsilon_3'$  は $-1$ 以上 $1$ 以下の実数とする。）

かつ、 $\beta_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta_{m-1}$ 、 $\alpha_m$ 、 $\beta_1'$ 、 $\alpha_2'$ 、 $\beta_{m-1}'$ 、及び $\alpha_m'$  が下式を満足することを特徴とする請求項7に記載の光記録方法。

【数8】  $\beta_1 + \alpha_2 + \beta_{m-1} + \alpha_m + \Delta_2 = \beta_1' + \alpha_2' + \beta_{m-1}' + \alpha_m'$

(ここで、 $\Delta_2 = 0.8 \sim 1.2$ である。)

【請求項11】  $3$ 以上の $L$ に対して、 $\beta_1' = \beta_1 + \text{約} 0.5$ 、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \text{約} 0.5$ 、であり、 $\alpha_1 = 0.8\alpha_1' \sim 1.2\alpha_1'$ 、 $\alpha_m = 0.8\alpha_m' \sim 1.2\alpha_m'$ 、 $\beta_m = 0.8\beta_m' \sim 1.2\beta_m'$  とする請求項10に記載の光記録方法。

【請求項12】 マーク長 $nT = 2T$ 又は $3T$ のマークの記録に際して、 $m = 1$ 個の区間に分割する請求項8乃至11のいずれか1つに記載の光記録方法。

【請求項13】  $L$ が3以上の場合に、 $2 \leq i \leq m-1$ なる $i$ に対して、 $\alpha_i = \alpha_c$ で一定とし、かつ、 $\alpha_i' = \alpha_c'$ で一定とする請求項8乃至11のいずれか1つに記載の光記録方法。

【請求項14】  $L$ が3以上の場合に、 $\alpha_c$ 及び $\alpha_c'$ が $L$ によらず一定である請求項13に記載の光記録方法。

【請求項15】  $L$ が3以上の場合に、 $\alpha_c = \alpha_c'$ とする請求項13又は14に記載の光記録方法。

【請求項16】  $L$ が3以上の場合に、 $T_{d1}$ 、 $T_{d1}'$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_1'$ 、 $\beta_1$ 、及び $\beta_1'$ がそれぞれ一定の値をとる請求項8乃至15のいずれか1つに記載の光記録方法。

【請求項17】  $L$ が3以上の場合に、 $\alpha_m$ 、 $\alpha_m'$ 、 $\beta_m$ 、及び $\beta_m'$ がそれぞれ一定の値をとる請求項8乃至15のいずれか1つに記載の光記録方法。

【請求項18】 周期 $T$ の第1の基準クロック1と周期 $T$ で第1の基準クロックに対して $0.5T$ だけずれた周期 $T$ の第2の基準クロック2とを用いて、基準クロック1を分周して得られる周期 $2T$ の基準クロック3に同期させて、 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ )を発生させ、基準クロック2を分周して得られる周期 $2T$ の基準クロック4に同期させて、 $\alpha_i'$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )を発生させる請求項8乃至17のいずれか1つに記載の光記録方法。

【請求項19】 すべての $L$ に対して、記録パルス $\alpha_1 T$ 及び $\alpha_1' T$ の立ち上がり、記録すべきマーク長の前端に対する遅延時間 $T_{d1}$ を設け、記録トラック上に所定の位置に形成されたクロックマークに対応した基準時間 $T_{sync}$ を発生させ、基準時間 $T_{sync}$ を起点として、各マーク長及びマーク間に対応した変調信号を発生させ、基準時間 $T_{sync}$ を起点として遅延時間 $T_{d1}$ をもって発生された、周期 $2T$ の基準クロック1aと、該基準クロッ

ク1aに対して $0.5T$ 先行した周期 $2T$ の基準クロック2aと、該基準クロック1aに対して $1T$ 先行した周期 $2T$ の基準クロック1bと該基準クロック1aに対して $1.5T$ 先行した周期 $2T$ の基準クロック2bとの4種の基準クロックを発生し、

$nT = 2LT$ なるマークの記録に際して、基準クロック1a及び1bのいずれかに同期させて、 $\alpha_i T$ 、 $\alpha_i' T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )、 $\alpha_m T$ の発生区間に対応したタイミングのゲートの一群G1a及びG1bを発生させ、 $nT = (2L+1)T$ なるマークの記録に際して、基準クロック2a及び2bのいずれかに同期させて $\alpha_1' T$ 、 $\alpha_i' T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )、 $\alpha_m' T$ に対応したタイミングのゲートの一群G2a及びG2bを発生させ、 $n$ が偶数である場合には、 $nT$ マークの前端を基準として遅延時間 $T_{d1}$ の経過後、 $\Sigma(\alpha_i + \beta_i)T$ なるゲートG3を発生させ、

$n$ が奇数である場合には、 $nT$ マークの前端を基準として遅延時間 $T_{d1}$ の経過後、 $\Sigma(\alpha_i' + \beta_i')T$ なるゲートG4を発生させ、

基準時間 $T_{sync}$ を起点として $nT$ マークの前端までの経過時間を、基準クロック $T$ の個数として計数し、該経過時間が基準クロック $T$ の偶数倍であれば、 $n$ が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群G1a又はG2bを選択し、

該経過時間が基準クロック $T$ の奇数倍であれば、 $n$ が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群G1b又はG2aを選択し、

G3及びG4のいずれかがオフである場合、消去パワー $P_e$ の記録光を照射し、

G3及びG4のいずれかがオンである場合、バイアスパワー $P_b$ の記録光を照射し、

G3とG1aとが同時にオンである場合、G1aオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、

G3とG1bとが同時にオンである場合、G1bオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、

G4とG2aとが同時にオンである場合、G2aオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、且つG4とG2bとが同時にオンである場合、G2bオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光が照射される請求項8に記載の光記録方法。

【請求項20】 すべての $L$ に対して、記録パルス $\alpha_1 T$ 及び $\alpha_1' T$ の立ち上がり、記録すべきマーク長の前端に対する遅延時間 $T_{d1}$ 又は $T_{d1}'$ を設け、記録トラック上に所定の位置に形成されたクロックマークに対応した基準時間 $T_{sync}$ を発生させ、

基準時間 $T_{sync}$ を起点として、各マーク長及びマーク間に対応した変調信号を発生させ、基準時間 $T_{sync}$ を起点として発生された、周期 $2T$ の基準クロック1aと該基準クロック1aに対して $0.5T$ 先行した周期 $2T$ の基準クロック2aと、該基準クロッ



ク1 aに対して1 T先行した周期2 Tの基準クロック1 bと該基準クロック1 aに対して1.5 T先行した周期2 Tの基準クロック2 bとの4種の基準クロックを発生し、

$nT = 2LT$ なるマークの記録に際して、基準クロック1 a及び1 bのいずれかに同期させて、 $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_i T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )、 $\alpha_m T$ の発生区間に対応したタイミングのゲートの一群G1 a及びG1 bを発生させ、

$nT = (2L+1)T$ なるマークの記録に際して、基準クロック2 a及び2 bのいずれかに同期させて $\alpha_1'$  T、 $\alpha_i'$  T ( $2 \leq i \leq m-1$ )、 $\alpha_m'$  Tに対応したタイミングのゲートの一群G2 a及びG2 bを発生させ、 $n$ が偶数である場合には、 $nT$ マークの前端を基準として、遅延時間 $T_{d1}$ の経過後、 $\Sigma(\alpha_i + \beta_i)T$ なるゲートG3を発生させ、

$n$ が奇数である場合には、 $nT$ マークの前端を基準として遅延時間 $T_{d1}'$ の経過後、 $\Sigma(\alpha_i' + \beta_i')T$ なるゲートG4を発生させ、

基準時間 $T_{sync}$ を起点として $nT$ マークの前端までの経過時間を、基準クロック $T$ の個数として計数し、

該経過時間が基準クロック $T$ の偶数倍であれば、 $n$ が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群G1 a又はG2 bを選択し、

該経過時間が基準クロック $T$ の奇数倍であれば、 $n$ が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群G1 b又はG2 aを選択し、

G3及びG4のいずれかがオフである場合、消去パワー $P_e$ の記録光を照射し、

G3及びG4のいずれかがオンである場合、バイアスパワー $P_b$ の記録光を照射し、

G3とG1 aが同時にオンである場合、G1 aオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、

G3とG1 bが同時にオンである場合、G1 bオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、

G4とG2 aが同時にオンである場合、G2 aオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、

G4とG2 bが同時にオンである場合、G2 bオン区間に対応して記録パワー $P_w$ の記録光を照射する請求項10に記載の光記録方法。

【請求項21】 同一の記録媒体に対して、 $v \times T$ が一定の複数の線速度 $v$ でマーク長変調方式による記録を行うに際し、

2以上の $L$ において、 $2 \leq i \leq m-1$ における $(\alpha_i + \beta_i)T$ 、及び $(\alpha_i' + \beta_i')T$ の周期を線速によらず一定に保ち、さらに各 $i$ における $P_{wi}$ 、 $P_{bi}$ 、及び $P_e$ も線速度によらずほぼ一定に保ち、且つ低線速度ほど $\alpha_i$ 及び $\alpha_i'$  ( $2 \leq i \leq m$ )を減少させる請求項8に記載の光記録方法。

【請求項22】 同一の記録媒体に対して、 $v \times T$ が一定の複数の線速度 $v$ でマーク長変調方式による記録を行

うに際し、

2以上の $L$ において、 $2 \leq i \leq m$ における $(\beta_{i-1} + \alpha_i)T$ 、及び $(\beta_{i-1}' + \alpha_i')T$ の周期を線速によらず一定に保ち、さらに各 $i$ における $P_{wi}$ 、 $P_{bi}$ 、及び $P_e$ も線速度によらずほぼ一定に保ち、且つ低線速度ほど $\alpha_i$ 及び $\alpha_i'$  ( $2 \leq i \leq m$ )を減少させる請求項10に記載の光記録方法。

【請求項23】  $\alpha_i T$ 、及び $\alpha_i' T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )を線速度によらずほぼ一定とする請求項21又は22に記載の光記録方法。

【請求項24】 マーク間の時間において、 $P_{bi} \leq P_e \leq P_{wi}$  ( $1 \leq i \leq m$ )なる消去パワー $P_e$ を照射する請求項1乃至は23のいずれか一つに記載の光記録方法。

【請求項25】 記録媒体が、結晶状態を未記録・消去状態とし、非晶質状態を記録マークとする相変化型の光記録媒体である請求項1乃至24のいずれか一つに記載の光記録方法。

【請求項26】 全ての記録マークの時間的長さについて、 $4 \geq n/m \geq 1.5$ 、 $\Sigma_i(\alpha_i) < 0.6n$ 、かつ、 $P_{bi}/P_e \leq 0.2$ を満たす請求項1乃至25のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項27】 記録時の線速度が $10 \text{ m/s}$ 以上であって、最短マーク長が $0.8 \mu\text{m}$ 未満である請求項1乃至26のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項28】 記録光の波長が $500 \text{ nm}$ 未満であり、記録光を集束させるためのレンズの開口径が $0.6$ 以上であり、かつ、最短マーク長が $0.3 \mu\text{m}$ 未満である請求項1乃至27のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項29】 マーク長変調方式が、8-16変調方式もしくは(1,7)-RLL-NRZI変調方式である請求項1乃至28のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項30】 マーク長変調方式がEFM変調方式であり、記録時の線速度をCDの基準線速度 $1.2 \text{ m/s}$ ～ $1.4 \text{ m/s}$ の10倍速以上として、記録線密度を一定としながら記録を行う請求項1乃至29のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項31】 マーク長変調方式がEFM変調方式であり、記録時の線速度をDVDの基準線速度 $3.49 \text{ m/s}$ の2倍速以上として、記録線密度を一定としながら記録を行う請求項1乃至30のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項32】 請求項1乃至31のいずれかに記載の光記録方法により記録を行うための相変化型光記録媒体であって、 $M_z \text{ Ge}_y (\text{Sb}_x \text{ Te}_{1-x})_{1-y-z}$ 合金(ただし、 $0 \leq z \leq 0.1$ 、 $0 < y \leq 0.3$ 、 $0.8 \leq x$ 、 $M$ は、In、Ga、Si、Sn、Pb、Pd、Pt、Zn、Au、Ag、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Co、Mo、Mn、Bi、O、N、Sから選ばれる少なくとも一種)からなる記録層を有することを特徴とする

光記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光記録方法及び光記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、情報量の増大に伴い高密度でかつ高速に大量のデータの記録・再生ができる記録媒体が求められているが、光ディスクはまさにこうした用途に応えるものとして期待されている。光ディスクには一度だけ記録が可能な追記型と、記録・消去が何度でも可能な書き換え型がある。書き換え型光ディスクとしては、光磁気効果を利用した光磁気記録媒体や、可逆的な結晶状態の変化に伴う反射率変化を利用した相変化型記録媒体があげられる。

【0003】光ディスクの記録原理は、穴あけや変形を利用したライトワンス媒体、キュリー点近傍での磁化の反転を利用した光磁気媒体、記録層の非晶質と結晶間の相転移を利用した相変化媒体のいずれにおいても、記録層を記録パワーの照射により所定の臨界温度以上に昇温させ、物理的もしくは化学的变化を生じせしめて記録を行う。

【0004】また、1ビームオーバーライト（消去と同時に記録を行う）可能であるという相変化型記録媒体の特徴を生かして、CD、DVDと互換性を持った書換え可能なコンパクトディスク（CD-Rewritable、CD-RW）や、書換え可能なDVD等も開発されている。さて、これらの光記録媒体への記録方式には近年では、ほとんどすべて、高密度化に適したマーク長記録が採用されている。

【0005】マーク長記録はマーク部とマーク間部の両方の長さを変化させてデータを記録する方法で、マーク間部の長さのみを変化させるマーク位置記録に比べて記録密度を上げることに適しており、1.5倍以上も高密度化できる。しかし、正確にデータを再生するためにはマークの時間的長さの検出が厳密になるため、マークエッジの形状の正確な制御が必要となる。さらに、短いマークから長いマークまで長さの異なる複数種類のマークを形成しなくてはならない困難性もある。

【0006】以下の説明においては、マークの空間的長さをマーク長、マークの時間的長さをマーク時間長と称する。基準クロック周期が定まれば、マーク長とマーク時間長は一对一で対応する。マーク長記録において $nT$ マーク（ $nT$ なる時間的長さを有するマーク。ただし $T$ はデータの基準クロック周期、 $n$ は自然数）を記録するときに、単に時間的長さ $nT$ もしくはその長さを微調節しただけの方形波状の記録パワーを照射するだけでは、マークの前端と後端で温度分布が異なり、特に、後端部に熱が蓄積してマークが広がった非対称な形状のマークが形成され、マーク長の正確な制御やマークエッジのゆ

らぎの抑制に支障をきたす。

【0007】このため短マークから長マークまで一様にマーク形状を整えるための、記録パルス分割やオフパルスの採用などの工夫がなされてきている。例えば相変化媒体で次のような技術が利用されている。即ち、非晶質マークの形状を整えるため記録パルスを分割することが行われている（特開昭62-259229号公報、特開昭63-266632号公報など）。この考え方はオーバーライトされないライトワンス媒体にも存在する。また、マーク形状の補償方法としてオフパルスの利用が広く行われている（特開昭63-22439号公報など）。

【0008】さらに、マーク長及びマーク時間長を整えるために記録パルスの立ち下がり波形を故意に鈍らせて記録する（特開平7-37252号公報）、記録パルスの出射時間をシフトさせる（特開平8-287465号公報）、マルチパルス記録方式を用いる場合にマーク記録時のバイアスパワーの値を、マーク間記録時又は消去時のバイアスパワーの値と異ならせる（特開平7-37251号公報）、線速度に応じて冷却時間を制御する（特開平9-7176号公報等）なども提案されている。

【0009】上記のようなパルス分割方式による記録方法の考え方は、光磁気方式の光記録媒体や、ライトワンスタイプの光記録媒体でも利用されており、光磁気方式やライトワンスタイプでは、熱が一部に溜まるのを防止する効果を目的とし、相変化方式では、それに再結晶化防止という目的も加わっている。ところで、マーク長変調記録の例としては、EFM（Eight-Fourteen Modulation）変調方式を用いたCD互換媒体、8-16変調方式の一種であるEFM+（プラス）変調方式を用いたDVD互換媒体、（1,7）-RLL-NRZI（Run-Length Limited Non-return to zero inverted）変調方式を用いた光磁気記録媒体などが一般的である。EFM変調では3Tから11Tまでのマークが、EFM+変調では3Tから14Tまでのマークが、（1,7）-RLL-NRZI変調方式では2Tから8Tまでのマークが設けられる。この中で、EFM+変調及び（1,7）-RLL-NRZI変調方式は、特に高密度のマーク長変調記録用の変調方式として知られている。

【0010】これらCDなどのマーク長変調記録媒体に対する記録パルス分割方式による記録方法として、次の方式が広く用いられている。即ち、記録マークには、記録マークの時間的な長さを $nT$ （ $T$ は基準クロック周期、 $n$ は2以上の自然数）としたとき、時間（ $n-\eta$ ） $T$ を

【0011】

【数9】 $\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_n T, \beta_n T,$

(ただし、 $\sum \alpha_i + \sum \beta_i = n - \eta$ とする。 $\eta$ は0-2までの実数。 $m$ は $m = n - k$ を満たす数。 $k$ は1または2。)と分割し、記録パルス区間としての $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )なる時間においては、記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、オフパルス区間としての $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )なる時間においては、 $P_b < P_w$ となるバイアスパワー $P_b$ の記録光を照射する。

【0012】図2は、この記録方法における記録光のパワーパターンを示す模式図である。図2(a)に示す長さのマークを形成するために、図2(b)に示すパターンを用いる。長さ $nT$  ( $T$ は基準クロック周期、 $n$ はマーク長変調記録において取りうるマーク長であり、整数値である)にマーク長変調されたマークを形成する際、 $(n - \eta)T$ を、 $m = n - k$  ( $k$ は1又は2)個の記録パルスに分割(図2(b)では $k = 1$ 、 $\eta = 0.5$ )し、個々の記録パルス幅を $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )とし、個々の記録パルスに $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )なる時間のオフパルス区間が付随する。記録の際 $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )においては、記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、 $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )なる時間においては、 $P_b < P_w$ となるバイアスパワー $P_b$ の記録光を照射する。この際、マーク長を検出した際に、正確な $nT$ マークが得られるように、 $\sum \alpha_i + \sum \beta_i$ は $n$ よりも若干小さくしてもよく、 $\sum \alpha_i + \sum \beta_i = n - \eta$  ( $\eta$ は0、 $0 \leq \eta \leq 2.0$ なる実数)とする。

【0013】つまり、従来技術においては、 $nT$ マーク形成時に照射する記録光をパルス分割するにあたり、 $n$ から一律に $k$ を差し引いた $m$ 個 ( $m = n - k$ 、ただし $k$ は1または2)に分割(特開平9-282661号公報に記載あり)し、記録パルスの分割数 $m$ を一定数減ずることでマーク時間長を正確に制御していた(以下ではこのようなパルス分割方式を「 $n - k$ 分割」方式と呼ぶこととする)。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】一般に、高密度化あるいは高速化により上記基準クロック周期 $T$ は短くなる。例えば $T$ は次のような時に短くなる。

(1) 記録を高密度化し記録容量を上げる場合  
マーク長及びマーク時間長を短縮すればより高密度になるが、この場合、クロック周波数を高周波化して基準クロック周期 $T$ を小さくする必要がある。

【0015】(2) 記録線速度を上げデータ転送レートを高める場合

記録可能CDやDVDの高倍速記録などでも、クロック周波数が高周波化されて基準クロック周期 $T$ が短くなる。例えば書換え型コンパクトディスクなどのCD系媒体では1倍速(線速1.2~1.4 m/s)での基準クロック周期 $T$ は231ナノ秒であるが、10倍速では23.1ナノ秒と非常に短くなる。同じくDVD系媒体では1倍速(3.5 m/s)で基準クロック周期 $T$ は3

8.2ナノ秒であるが、2倍速では19.1ナノ秒となる。

【0016】上記(1)、(2)から分かるように、より大容量の光ディスクやデータ転送レートの高いCD、DVD等においては基準クロック周期 $T$ が非常に短くなる。これに伴い、記録パルス区間 $\alpha_i T$ やオフパルス区間 $\beta_i T$ も短くなる傾向にある。このとき以下のような問題が発生する。

(問題a) 記録パルス区間 $\alpha_i T$ が短すぎて照射する光、特にレーザーの立ち上がり/立ち下がり速度が追いつかないという問題がある。立ち上がり時間とはレーザー等の光の出射パワーが設定値に達するまでの時間、立ち下がり時間とはレーザー等の光の出射パワーが設定値から落ちきるまでの時間である。現在、レーザー等の立ち上がりや立ち下がりにはそれぞれ最低2~3ナノ秒の時間を必要とするため、例えばパルス幅が15ナノ秒未満だと実際に所定パワーを出射する時間は数ナノ秒となる。さらにパルス幅が5ナノ秒未満になると、出射パワーが設定値に到達する前に下がり始めてしまうため、記録層の昇温が不十分で規定のマークサイズを得ることができなくなってしまう。これら信号源やレーザービームの応答速度の限界の問題は、光源波長や基板入射/膜面入射などの入射方式やその他の記録方式の改良ではカバーしきれない問題である。

(問題b) オフパルス区間 $\beta_i T$ が狭いと、記録媒体にとって十分な冷却時間が得られなくなってしまう、オフパルス区間を設けているにもかかわらずオフパルス機能(冷却速度制御機能)が働かず、マーク後端部に熱が蓄積されてしまいマーク形状が正確に形成できなくなるといった問題がある。特に、この問題はマークの長さが長いほど深刻である。

【0017】この問題点を、相変化媒体を例に説明する。現行の相変化媒体は通常、結晶状態の部分と未記録状態・消去状態とし非晶質の部分とを記録状態とする。非晶質マークを形成する際は、記録層の微小な領域にレーザーを照射し、その微小部分を溶融させた後にこれを急冷することにより非晶質マークを形成する。

【0018】例えば、図3(a)に示すようにオフパルス区間をまったく設けない方形波上の記録パワー波形で、長いマーク(例えばCDフォーマットのEFM変調方式の記録マークで概ね5T以上のマーク)を記録した場合、図3(b)に示すように、後端が細った非晶質マークが形成され、同図(c)に示すような歪んだ再生波形が観測される。これは、長いマークでは特にマーク後端において、前方からの熱拡散で蓄熱が起こり溶融領域が太るが、一方で、冷却速度が著しく低下して、再凝固時に再結晶化してしまうためである。この傾向は、記録時の線速が低いほど著しい。低線速ほど記録層の冷却速度は低下するためである。

【0019】逆に、再結晶化がほとんど無視できるほど



冷却速度が速い場合には、長いマークを記録した場合、図3(d)に示すように、むしろ後端が太った非晶質マークが形成され、同図(e)に示すような歪んだ再生波形が観測される。これは、長いマークでは特にマーク後端において、前方からの熱拡散で蓄熱されて熔融領域が太るが、全体に冷却速度が高めに維持されているためこの熔融領域の形が比較的正確に非晶質マークとなるからである。

【0020】マーク長全体に複数のオフパルス区間を分散させて、適正に使用しない場合には、程度の差こそあれ図3(b)及び(d)のように、マークのどこかで再結晶化が著しくなり、良好な非晶質の長マーク形成が阻害され、再生波形に歪を生じる。オフパルス区間を入れることで、長マークの先端から後端までにわたって記録層の時間的な温度変化が急冷的になり、記録時の再結晶化によるマークの劣化を抑えることができる。

【0021】しかし、前述のように高密度化や高速化のために基準クロック周期Tが短くなっていくと、従来のようなオフパルス区間を設けても急冷されにくくなりマーク前半部分が再結晶化してしまうようになる。例えば、相変化型の書換え型コンパクトディスクであるCD-RWで時間的長さ4Tのマークを従来のn-k分割方式(ただし、k=1)で記録する場合、非晶質マークの形成時には以下のパルスが照射される。

【0022】

【数10】

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \alpha_3 T, \beta_3 T$   
このときマークの始端部は、記録パルス $\alpha_1 T$ 照射により熔融後、後続の記録パルス $\alpha_2 T, \alpha_3 T$ 照射による熱がマーク後方から伝導する。図4はマーク始端部での温度履歴の模式図で、図4(a)は低線速の場合、図4(b)は高線速の場合であるが、いずれも $\alpha_1 T, \alpha_2 T, \alpha_3 T$ による3度の昇温過程と $\beta_1 T, \beta_2 T, \beta_3 T$ による冷却過程が見られる。

【0023】低線速の場合には図4(a)に示すように $\beta_1 T, \beta_2 T$ での冷却時間が十分にあるため、その都度記録層の温度が結晶化温度以下にまで下がることができるが、高線速の場合には、基準クロック周期Tが線速に反比例して小さくなるために、図4(b)のように $\alpha_1 T$ で熔融した記録層が結晶化温度領域よりも冷却されることがないまま、次の $\alpha_2 T$ で昇温され、さらに $\alpha_3 T$ で昇温される。結晶化温度領域に保たれる時間が、低線速の $T_1 + T_2 + T_3$ に比べて高線速の $T_4 + T_5 + T_6$ ではずっと長くなるため、再結晶化が起こりやすくなることが分かる。なお、相変化記録層として使用されるSbTe共晶組成付近の合金は非晶質/結晶の境界から結晶成長が起こりやすいので、マークの外側部分で再結晶化しやすい。ここで、低倍速とは例えば10倍速未満( $T=23.1$ ナノ秒未満)、高倍速とは10倍速以上程度を言う。

【0024】上記のように、相変化型媒体においては、高密度化や高速化のために基準クロック周期Tが短くなると、従来のパルス分割法では再結晶化が起こりやすく、長マークの中央部で変調度が出なくなるという深刻な問題が発生する。なお、結晶領域に非晶質マークをオーバーライト記録する相変化媒体においては、高線速時には一般に冷却速度は確保されやすく非晶質を形成しやすいが、一方で結晶化のための結晶化時間を確保することが難しいため、結晶化しやすい傾向にある。即ち、再結晶化しやすい組成の記録層を用いることが多い。従って、オフパルス区間をより広くとって冷却効果を大きくすることが重要になるにもかかわらず、高線速時には逆にオフパルス区間が短くなってしまう。

【0025】相変化媒体の高密度化のために、レーザー光源を短波長化したり開口数を大きくし、ビーム径を小さくしたときにも同じ問題が生ずる。例えば、波長780nm、開口数NA=0.50のレーザーを波長400nm、開口数NA0.65に変更した場合には、ビーム径は約1/2に絞られる。このときビーム内のエネルギー分布が急峻になるため加熱部分は冷却されやすくなり非晶質マークは形成されやすくなるが、逆に結晶化しにくく消去しにくくなるため、やはり冷却効果はより大きくする必要がある。

【0026】本発明は上記問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、高密度記録や高速記録に適した短いクロック周期でのマーク長記録においても、良好な記録が行えるような光記録方法とそれに適した光記録媒体を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的は、パルス分割方式における分割数mを従来よりも少なくすることによって達成されることを見出し、本発明を完成した。本発明の要旨は、記録媒体に光を照射することによってマーク長変調された情報を複数の記録マーク長により記録するにあたり、一つの記録マークの時間的な長さをnTとしたとき(Tは基準クロック周期であって25ns以下である。nは2以上の自然数である。)、記録マークの時間的長さnTを、

【0028】

【数11】 $\eta_1 T, \alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T, \eta_2 T$

(mはパルス分割数である。 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + \eta_1 + \eta_2 = n$ である。 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ )は0より大きい実数であり、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m-1$ )は0より大きい実数であり、 $\beta_m$ は0以上の実数である。 $\eta_1$ 及び $\eta_2$ はそれぞれ-2以上2以下の実数である。)の順に分割し、 $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )の時間内においては記録パワー $Pw_i$ の記録光を照射し、 $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m-1$ )の時間内においては、 $Pb_i < Pw_i$ かつ $Pb_i < Pw$



$i+1$  なるバイアスパワー  $P_{b_i}$  の記録光を照射し、少なくとも一つの記録マークの時間的長さについては上記パルス分割数  $m$  を 2 以上とし、かつ、全ての記録マークの時間的長さについて  $n/m \geq 1.25$  を満たすことを特徴とする光記録方法に存する。

【0029】また、本発明の別の要旨は、上記光記録方法に用いる相変化型光記録媒体であって、 $M_z Ge_y (Sb_x Te_{1-x})_{1-y-z}$  合金（ただし、 $0 \leq z \leq 0.1$ 、 $0 < y \leq 0.3$ 、 $0.8 \leq x$ 、 $M$  は、 $In$ 、 $Ga$ 、 $Si$ 、 $Sn$ 、 $Pb$ 、 $Pd$ 、 $Pt$ 、 $Zn$ 、 $Au$ 、 $Ag$ 、 $Zr$ 、 $Hf$ 、 $V$ 、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $Cr$ 、 $Co$ 、 $Mo$ 、 $Mn$ 、 $Bi$ 、 $O$ 、 $N$ 、 $S$  から選ばれる少なくとも一種）からなる記録層を有することを特徴とする光記録媒体に存する。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明について詳細に説明する。本発明の光記録方法は、パルス分割方式による分割数  $m$  を少なくする、即ち記録光の各パルスを長くすることによって、光記録媒体の光照射部分の加熱時間をレーザーパルスの応答速度に対して十分長くとること、および光照射部分の冷却時間を十分長くとるものである。その結果、25 ns 以下という短いクロック周期においても良好なマーク長記録が行なえる。

【0031】具体的には、記録マークの時間的な長さを  $nT$  としたとき（ $T$  は基準クロック周期であり 25 ns 以下である。 $n$  は 2 以上の自然数である。）、該記録マークの時間的長さ  $nT$  を、

【0032】

【数12】  $\eta_1 T$ 、 $\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ 、 $\eta_2 T$

（ $m$  はパルス分割数である。 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + \eta_1 + \eta_2 = n$  である。 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) は 0 より大きい実数であり、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) は 0 より大きい実数であり、 $\beta_m$  は 0 以上の実数である。 $\eta_1$  及び  $\eta_2$  は、それぞれ通常 -2 以上、好ましくは 0 以上、また通常 2 以下好ましくは 1 以下の実数である。）の順に分割し、 $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては記録パワー  $P_{w_i}$  の記録光を照射し、 $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては、 $P_{b_i} < P_{w_i}$  かつ  $P_{b_i} < P_{w_{i+1}}$  なるバイアスパワー  $P_{b_i}$  の記録光を照射し、少なくとも一つの記録マークの時間的長さについては上記パルス分割数  $m$  を 2 以上とし、かつ、全ての記録マークの時間的長さについて  $n/m \geq 1.25$  とする。

【0033】すなわち、従来の  $n-k$  分割方式によればパルス分割数  $m$  を  $n-k$  個（ $k$  は 1 または 2）としたが、本発明では  $m$  を別の観点から規定する。本発明においては、少なくとも一つの記録マークの時間的長さについては上記パルス分割数  $m$  を 2 以上とする。ただし、必ずしも全ての  $nT$  マーク（ $nT$  なる時間的長さを有する

マーク。ただし  $T$  は基準クロック周期、 $n$  は 2 以上の自然数）についてパルス分割を行う必要はない。特に  $2T$ 、 $3T$  や  $4T$  などの短いマークにおいては熱の蓄積の問題が比較的小さく、パルスの応答速度が追いつかないとの問題のほうの影響が大きいため、記録パワー  $P_w$  の記録光を 1 パルス照射するだけ、或いは記録パワー  $P_w$  の記録光を 1 パルスとバイアスパワー  $P_b$  の記録光を 1 パルス照射する方が好ましい。

【0034】本発明においては、全ての記録マークの時間的長さについて  $n/m \geq 1.25$  とする。仮に  $\eta_1$ 、 $\eta_2$  を共に 0 とすると、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) / m = n/m$  であるから、 $n/m$  は  $(\alpha_i + \beta_i)$  の平均的な長さに対応する値であり、 $(n/m)T$  は分割パルスの平均的な周期に対応する値となる。

【0035】従来の  $n-k$  分割方式では  $m = n-k$  であって、 $k$  は 1 または 2 に固定されているから、 $n/m = n/(n-1)$  又は  $n/m = n/(n-2)$  である。この値は、 $n$  が大きいほど小さいから、最長のマーク時間長を  $n_{\max} T$  とすると  $n_{\max}$  において  $n/m$  は最小となる。即ち、分割パルスの平均的周期は最短マークで最も長く最長マークで最も短いから、 $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$  は最長マークで最も短い。

【0036】例えば、EFM 変調方式では  $n = 3 \sim 11$ 、 $k = 2$  であるから

$$(n_{\max} / m) = 11 / (11 - 2) = 1.22、$$

同様に EFM+ 変調方式では  $n = 3 \sim 14$ 、 $k = 2$  であるから

$$(n_{\max} / m) = 14 / (14 - 2) = 1.16、$$

(1, 7) - RLL - NRZI 変調では  $n = 2 \sim 8$ 、 $k = 1$  なので

$$(n_{\max} / m) = 8 / (8 - 1) = 1.14$$

程度となる。

【0037】上記から明らかなように、従来では  $n/m$  は 1.22、1.16、1.14 程度である。基準クロック周期  $T$  がおよそ 25 ナノ秒を切ると、概ね最長マークにおいて分割パルスの平均周期が 25 ナノ秒を切り、記録パルス区間  $\alpha_i T$  の平均値もしくはオフパルス区間  $\beta_i T$  の平均値が 12.5 ナノ秒未満となる。これは少なくとも一つの  $i$  に対して、 $\alpha_i T$  もしくは  $\beta_i T$  のいずれかが 12.5 ナノ秒未満になることを示す。さらに、クロック周期  $T$  が約 20 ナノ秒以下となると、 $\alpha_i T$  もしくは  $\beta_i T$  のいずれかがさらに小さくなってしまふ。

【0038】なお、上記の説明においてどれか特定の  $\alpha_i$  もしくは  $\beta_i$  が平均値より長くなったとしても、それは他方別の  $\alpha_i$  もしくは  $\beta_i$  がさらに短くなることを意味しているから、やはり  $\alpha_i T$  もしくは  $\beta_i T$  のいずれかが小さくなることに変わりはない。また正確には、 $n-k$  分割方式では  $\sum (\alpha_i + \beta_i)$  は必ずしも  $n$  と等しくなく、 $n-\eta$  ( $\eta = 0 \sim 2$ ) となっていてよい

が、この場合は $\alpha_i$  や $\beta_i$  の平均値はさらに短くなるので、むしろ問題は一層深刻となる。

【0039】本発明の光記録方法においては、短マークから長マークまで全ての記録マークの時間的長さについて $n/m \geq 1.25$ を満たすように $m$ を設定する。その結果、 $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ の長さを十分なものとする。例えば、記録パルス区間 $\alpha_i T$ 、オフパルス区間 $\beta_i T$ を概ね $0.5T$ より長めに取ることができ、記録層の加熱を十分に行う一方、後続パルスによる熱の供給を抑えて十分な冷却効果を得ることができる。

【0040】特にマークが長い場合には熱蓄積によるマーク形状が歪みやすいため、好ましくは時間的長さ $7T$ 以上のマークに対しては $n/m$ は $1.5$ 以上とする。勿論、 $6T$ 以下の短マークについても $n/m$ は $1.5$ 以上とするのが好ましい。より好ましくは $n/m$ は $1.8$ 以上とする。ただし、 $n/m$ の値が大きすぎると熱蓄積が大きくなるため、 $n/m$ は通常 $4$ 以下とし、特に $3$ 以下とするのが好ましい。

【0041】本発明の光記録方法は基準クロック周期 $T$ が短いほど効果が大きく、 $25ns$ 以下、好ましくは $20ns$ 以下、さらに好ましくは $15ns$ 以下とする。ただし、あまりに短いクロック周期は実用上得にくいので通常 $0.1ns$ 以上、好ましくは $1ns$ 以上、さらに好ましくは $3ns$ 以上とする。クロック周期 $T$ が小さいほど、 $n/m$ の最小値を大きくするのが好ましい。

【0042】本発明における記録マークとは、通常、記録媒体中に連続的に形成された、他の部分と光学的に区別しうる物理的マークとして認識される。即ち、 $n/m \geq 1.25$ を満たす、従来の $n-k$ 分割方式の $2T$ 、 $3T$ 及び $4T$ マークを再生系の処理によってつなぎ合わせて長いマークとみなすものではない。ただし、本発明においては、再生光の光学分解能以下の範囲において、記録マークが複数の物理的マークから形成されていてもよい。再生光の集束用の対物レンズの開口数を $NA$ 、再生光波長を $\lambda$ とすると、物理的マークが概ね $0.2$

( $\lambda/NA$ )よりも離れていると、これらの物理的マークは光学的に分離して区別できる。従って、記録マークを複数の物理的マークから形成する場合には、それらの間隔を $0.2$ ( $\lambda/NA$ )よりも小さくするのが好ましい。

【0043】本発明において、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $P_w$ 、 $P_b$ 等の分割パルスに関するパラメータは、マーク長や $i$ に応じて適宜変化させることができる。また、本発明においては、記録パルス区間 $\alpha_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )の平均値およびオフパルス区間 $\beta_i T$ ( $1 \leq i \leq m-1$ )の平均値とともに $3$ ナノ秒以上、特に $5$ ナノ秒以上、さらに $10$ ナノ秒以上とするのが照射する光の追従性を確保する意味で好ましい。より好ましくは、個々の $\alpha_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )および $\beta_i T$ ( $1 \leq i \leq m-1$ )を $3$ ナノ秒以上、特に $5$ ナノ秒以上、さらに $10$ ナノ秒以上と

する。なお、記録の際に通常使用するレーザー光のパワーの立ち上がり時間や立ち下がり時間は、最小の $\alpha_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )及び $\beta_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )の $50\%$ 以下とするのが好ましい。

【0044】本発明においては、 $\beta_m$ を $0$ として最後のオフパルス区間である $\beta_m T$ に光を照射しなくてもよいが、マーク後端部の熱蓄積の問題が大きい場合は $\beta_m T$ を設けるのが好ましい。その場合は $\beta_m T$ も通常 $3$ ナノ秒以上、特に $5$ ナノ秒以上とし、より好ましくは $10$ ナノ秒以上とする。記録パルス区間 $\alpha_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )が $3$ ナノ秒以上、特に $5$ ナノ秒以上あれば、記録光の立ち上がり/立ち下がりの問題はあるものの、記録パワー $P_w$ を上げることで記録に必要な照射エネルギーを確保できる。

【0045】一方オフパルス区間 $\beta_i T$ ( $1 \leq i \leq m-1$ )も $3$ ナノ秒以上、特に $5$ ナノ秒以上あれば、バイアスパワー $P_b$ を再生光パワー $P_r$ と同程度、あるいはトラッキングサーボなど他に支障の無い限り $0$ まで下げることで冷却効果が確保できる。さらに大きな冷却効果を得るためには、全ての記録マークの時間的長さについて $\Sigma_i(\alpha_i)$ は $0.6n$ よりも小さくする、特に $0.5n$ よりも小さくするのが好ましい。より好ましくは $\Sigma_i(\alpha_i)$ は $0.4n$ 以下とする。すなわち、記録パルス区間の総和 $\Sigma_i(\alpha_i T)$ を $\Sigma_i(\beta_i T)$ より短くして、各マーク内でオフパルス区間が長くなるようにする。特に好ましくは、 $i=2 \sim m-1$ の全ての $i$ に対して $\alpha_i T \leq \beta_i T$ とし、少なくとも $2$ 番目以降の記録パルス列において $\beta_i T$ のほうを長くする。

【0046】本発明の記録方法において、 $\alpha_i$ ( $1 \leq i \leq m$ )及び $\beta_i$ ( $1 \leq i \leq m-1$ )の値は、記録パルス区間 $\alpha_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )やオフパルス区間 $\beta_i T$ ( $1 \leq i \leq m-1$ )等の値によって適宜設定されるが、それぞれ通常 $0.01$ 以上、好ましくは $0.05$ 以上であり、通常 $5$ 以下、好ましくは $3$ 以下である。特に、 $\beta_i$ ( $1 \leq i \leq m-1$ )については、あまりに小さいと冷却効果が不十分になることがあるので好ましくは $0.5$ 以上、特に $1$ 以上であり、一方あまりに大きいと冷却されすぎて記録マークが光学的に分離されてしまうことがあるので、好ましくは $2.5$ 、特に $2$ 以下とする。この効果は、マーク先端の形状に大きな影響を与える最初のオフパルス区間 $\beta_1 T$ において特に大きい。

【0047】また、同様に、マーク後端の形状に大きな影響を与える最後のオフパルス区間 $\beta_m T$ についても、上記同様のことが言えるので、 $\beta_m$ は、通常 $0.1$ 以上、好ましくは $0.5$ 以上、特に $1$ 以上であり、好ましくは $2.5$ 、特に $2$ 以下である。先頭パルス区間 $\alpha_1 T$ と最後尾パルス区間 $\alpha_m T$ との間の中間パルス区間(群) $\alpha_i T$ ( $2 \leq i \leq m-1$ )の切り替え周期は、これを一定値とするのが、回路を簡便化する上で好ましい。具体的には、 $(\alpha_i + \beta_i) T$ (ただし $2 \leq i \leq m$

-1) または  $(\alpha_i + \beta_{i-1})T$  (ただし  $2 \leq i \leq m-1$ ) は、1.5T、2T又は2.5Tとするのが好ましい。本発明においては、オフパルス区間  $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) に照射する記録光のパワー  $P_{b_i}$  は、記録パルス区間  $\alpha_i T$  及び  $\alpha_{i+1} T$  に照射する記録光のパワー  $P_{w_i}$  及び  $P_{w_{i+1}}$  よりも小さくする。大きな冷却効果を得るためには、全ての記録マークの時間的長さについて  $P_{b_i} < P_{w_i}$  とするのが好ましい。より好ましくは  $P_{b_i} / P_{w_i} \leq 0.5$  であり、さらに好ましくは  $P_{b_i} / P_{w_i} \leq 0.2$  である。また、バイアスパワー  $P_b$  は再生時に照射する光のパワー  $P_r$  と等しくすることができる。その結果、パルス分割に必要な分割パルス回路の設定が簡便になる。

【0048】特定の一つの記録マークの時間的長さに対して、 $i$  に応じて  $P_{b_i}$  及び/又は  $P_{w_i}$  として異なる2以上の値を用いてもよい。特に、先頭の記録パルス区間  $\alpha_1 T$  及び最後尾の記録パルス区間  $\alpha_m T$  における記録パワー  $P_{w_1}$  及び  $P_{w_m}$  を、中間の記録パルス区間  $\alpha_i T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) における記録パワー  $P_{w_i}$  と異なる値とすることで、マークの始端部・終端部のマーク形状を正確に制御することができる。ただし、中間の記録パルス区間  $\alpha_i T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) における記録パワー  $P_{w_i}$  は、できるだけ全て同じパワー値にするのが、分割パルス回路の設定が簡便となり好ましい。オフパルス区間  $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m-1$ ) におけるバイアスパワー  $P_{b_i}$  についても同様に、特に理由がない限りできるだけ全て同じパワー値にするのが好ましい。また異なる  $n$  を有する少なくとも2つの記録マークの間で、同じ  $i$  に対して異なる  $P_{w_i}$  及び/又は  $P_{b_i}$  の値としてもよい。

【0049】本発明においては、記録マークを形成しないマーク間にどのようなパワーの光を照射するか限定されないが、好ましくは  $P_{b_i} \leq P_e < P_{w_i}$  なるパワー  $P_e$  の光を照射する。書換え型記録媒体であれば、パワー  $P_e$  は記録済みマークを消去するための消去パワーとする。この場合、 $(n - (\eta_1 + \eta_2))T$  区間には、バイアスパワー  $P_{b_i}$  以上、消去パワー  $P_e$  以下の光を照射するのが好ましい。バイアスパワー  $P_{b_i}$  と同じか、消去パワー  $P_e$  と同じとすれば、分割パルス回路の設定が簡便となる。なお、 $\eta_1 T$  なる区間においてバイアスパワー  $P_b$  の光を照射する場合、先頭の記録パルス区間  $\alpha_1 T$  に先行してバイアスパワー  $P_b$  の光を照射することとなるので、先行する記録マークからの余熱の影響を小さくすることができる。

【0050】記録パワー  $P_w$  及びバイアスパワー  $P_b$ 、または消去パワー  $P_e$  については、使用される光記録媒体のタイプによって、それぞれの物理的機能は異なってくる。例えば、光磁気媒体の場合、 $P_w$  あるいは  $P_e$  は記録層の温度を少なくともキュリー温度近傍より高くし、磁化の反転を起こしやすくするための昇温に必要なパワ

ーである。いわゆる光変調オーバーライト可能な光磁気媒体では、 $P_w$  は  $P_e$  よりも大きく、キュリー点の異なる複数の磁性層のいずれかのキュリー点温度より、磁性層の温度を高めるためのパワーである。

【0051】相変化媒体の場合、結晶化による記録を行う場合には、 $P_w$  は記録層を結晶化温度より高い温度に昇温するためのパワーである。あるいは、非晶質化による記録を行う場合には、少なくとも記録層をその融点より高い温度まで昇温するためのパワーである。非晶質化記録、結晶化消去によってオーバーライトを行う場合には、 $P_e$  は記録層を少なくとも結晶化温度以上に昇温せしめるパワーである。

【0052】金属や有機物記録層の穴あけや、変形により記録を行うライトワンス媒体では、 $P_w$  は記録層を軟化させたり、溶解させたり、蒸発させたり、分解したり、化学反応を誘起する温度まで昇温するに必要なパワーである。使用する記録媒体の種類によって、記録パワー  $P_w$  及びバイアスパワー  $P_b$  の値は異なるが、例えば書き換え型の相変化媒体の場合、通常記録パワー  $P_w$  は1~100mW程度、バイアスパワー  $P_b$  は0.01~10mW程度である。

【0053】いずれの媒体を使用した場合でも、記録パワー  $P_w$  は記録層になんらかの光学的変化を誘起するに必要な温度まで記録層を昇温し、場合によってはその温度を保持するに必要なレーザー光パワーである。一方、バイアスパワー  $P_b$  は少なくとも記録パワー  $P_w$  より低いパワーである。通常は、記録パワー  $P_w$  及び消去パワー  $P_e$  よりも低く、記録層になんら物理的変化を誘発しないような低いパワーである。

【0054】以上説明したような熱蓄積の問題は、相変化型、光磁気型、ライトワンス型光記録媒体など広くマーク長変調記録を行う光ディスクに共通である。しかし中でも、オーバーライト可能な相変化媒体は記録層の昇温と冷却速度という2つの温度パラメータを正確に制御することでマーク記録とマーク消去を同時に行うため、オフパルスによる記録層の冷却機能は他のライトワンス媒体や光磁気媒体よりもいっそう重要な意味を持つ。従って、本発明は相変化型の記録媒体に対して特に有効である。

【0055】本発明のパルス分割による記録方法においては、パルス記録マークの時間的長さ  $nT$  の  $n$  の異なる少なくとも2つの記録マークについて、同一のパルス分割数  $m$  を用いてよい。通常は、3Tマークと4Tマークなど隣合う時間的長さをもつ  $nT$  マークに対して  $m$  を同一にする。  $m$  を同一にしたうえで、 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ )、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m$ )、 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $P_{w_i}$  ( $1 \leq i \leq m$ ) 及び  $P_{b_i}$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の少なくとも1つを相互に異ならせることによって同じ分割数であっても異なるマーク時間長のマークを形成し分けることができる。



【0056】分割数 $m$ は $n$ の値の大小とは無関係に並んでいても良いが、好ましくは長いマークほど、つまり $n$ が大きいほど $m$ を単調に大きく（等しい場合も含む）する。以下に、本発明のパルス分割方式の具体例を示す。

（分割方式例1）例えば、 $3T$ から $11T$ までのマークを設けるEFM変調方式で、 $n=3$ においては $m=1$ とし、 $n \geq 4$ （4、5、6、7、8、9、10、11）において $m$ を増やす。即ち、 $n=3、4、5、6、7、8、9、10、11$ に対して順に $m=1、2、2、3、4、5、6、7、8$ のように分割する。

【0057】このとき $n=11$ において $n/m$ は最小で1.38であり、 $n=3$ において $n/m$ は最大で3である。

（分割方式例2）同じくEFM変調方式で、 $n=3、4、5、6、7、8、9、10、11$ に対して、順に $m=1、2、2、3、4、5、6、6、6$ のように分割する。

【0058】このとき $n=9$ において $n/m$ は最小で1.5、 $n=3$ において $n/m$ は最大で3である。

（分割方式例3）同じくEFM変調方式で、 $n=3、4、5、6、7、8、9、10、11$ に対して、順に $m=1、2、2、3、3、4、5、5、5$ のように分割する。

【0059】このとき $n=9$ において $n/m$ は最小で1.8、 $n=3$ において $n/m$ は最大で3である。 $n$ の異なる少なくとも2つの記録マークについて、同一のパルス分割数 $m$ を用いる場合には、例えば、パルス周期 $\tau_i = \alpha_i + \beta_i$ やデューティ比 $(\alpha_i / (\alpha_i + \beta_i))$ を変更すればよいが、この具体例を以下に示す。

（分割方式例4）最も単純な分割方式は、 $m \geq 2$ の場合にパルス周期 $\tau_i$ を $\tau_i = nT/m$ となるよう等分割することである。

【0060】しかしながら、単純に $nT$ を等分割すれば、 $\tau_i$ は基準クロック周期 $T$ のタイミングや長さとは全く無関係の中途半端な値となることがある。

（分割方式例5）パルス周期 $\tau_i$ は、基準クロック周期 $T$ もしくはその整数分の1（ $1/2T、1/4T、1/5T、1/10T$ 等が好ましい）に同期しているほうが、一つのベースクロックを基準にしてパルスの立ち上がり／立ち下りを制御できて好ましい。一方で、この際、 $\sum_i (\tau_i) = \sum_i (\alpha_i + \beta_i)$ は必ずしも $n$ と一致せず余剰の時間が発生するためパルス長を補正するが、パルス照射時間の合計は $n$ より小さくするのが好ましい。 $n$ より大きくするとマーク長さが長くなりすぎるためである。

【0061】そこで、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + (\eta_1 + \eta_2) = n$ （ $\eta_1、\eta_2$ はそれぞれ $0 \leq \eta_1、0 \leq \eta_2$ なる実数）となるような区間 $\eta_1 T、\eta_2 T$ を設け、これらを同じ分割数 $m$ の2つの異なる長さの記録マークそれ

ぞれで変化させる。 $\eta_1 T、\eta_2 T$ の区間には例えばバイアスパワー $P_b$ の光を照射すればよい。このとき、 $0 \leq (\eta_1 + \eta_2) \leq 1$ とするのが好ましい。

【0062】上記 $\eta_1、\eta_2$ は、該マークに先行及び／又は後続する他のマークからの余熱効果を補正するためにも利用できる。この場合は、先行及び／又は後続するマークのマーク長及び／又はマーク間スペース長に応じて、 $\eta_1 T、\eta_2 T$ の時間的長さを可変とする。分割したパルスの先頭の $\eta_1 T$ 及び最後尾の $\eta_2 T$ はいずれか一方のみ配置し他方を0としてもよいし、 $0 \leq (\eta_1 + \eta_2) \leq 1$ となる範囲で、両方配置しても良い。また、区間 $\eta_1 T、\eta_2 T$ には、バイアスパワー $P_b$ とは異なるパワーの光を照射して、マーク長を整えたり先行及び／又は後続するマークからの余熱効果をより厳密に制御することも可能である。

（分割方式例6）上記分割パルス周期 $\tau_i$ やデューティ比 $(\alpha_i / (\alpha_i + \beta_i))$ を、 $i$ により可変とする。この方法によって、マーク長記録で重要となるマークの前後端でのジッタ（ゆらぎ）を改善することもできる。

【0063】具体的には、先頭の記録パルス周期 $\tau_1$ 及び／又は最後尾の記録パルス周期 $\tau_m$ とをそれぞれ中間部分の記録パルス周期 $\tau_i$ （ $2 \leq i \leq m-1$ ）とは異なるものとする。この際、先行及び／又は後続するマーク長もしくはスペース長に応じて、先頭及び／又は最後尾の $\tau_1、\alpha_1、\beta_1、\tau_m、\alpha_m、\beta_m$ を若干調整することも可能である。

【0064】なお、先頭の記録パルス区間 $\alpha_1 T$ は後続の記録パルス区間 $\alpha_2 T、\dots、\alpha_m T$ のいずれの値よりも大きくするのが好ましい。また、記録パルス区間 $\alpha_1 T$ における記録パワー $P_{w1}$ を後続の記録パルス区間 $\alpha_2 T、\dots、\alpha_m T$ における記録パワー $P_{wi}$ より高くするのが好ましい。これらの方法は、後述する再生信号のアシンメトリー値を良好にするために有効である。

【0065】時間的長さ $3T$ や $4T$ のような短いマークでは熱の蓄積効果が小さいため比較的マークが短めに形成されやすい。このような場合、記録パルス区間 $\alpha_1 T$ をある程度長くするか記録パルス区間 $\alpha_1 T$ における記録パワー $P_{w1}$ の値を大きめにしてマーク時間長を厳密に制御することもできる。上記のような、先頭パルス又は最後尾パルスを変化させる方法は、相変化媒体の結晶領域に非晶質マークをオーバーライト記録する場合に特に有効である。

【0066】先頭記録パルス区間 $\alpha_1 T$ を変化させることで、相変化媒体の記録層が最初に溶融する領域の幅を制御することができる。最後尾オフパルス区間 $\beta_m T$ は相変化媒体の記録層の再結晶化の抑制に重要であり、かつ、どの領域までを非晶質状態とするかを決める重要なパルスである。非晶質マークが形成される場合には、マ

ークの最も終端部においては、一旦溶融した領域が再結晶化し、溶融領域よりも実際に形成される非晶質マークは小さくなる。ここでオフパルス区間を長くする、すなわち冷却時間を長く取ること、再結晶化を防ぎ、非晶質部分を長くすることが可能である。従って、最後尾オフパルス区間 $\beta_m T$ の長さを変えることでマーク終端部が結晶化時間に保たれる時間を変化させ、マーク長をかなり大きく変化させることが出来る。

【0067】なお、上記とは逆に、 $\tau_1$ 、 $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\tau_m$ 、 $\alpha_m$ 、 $\beta_m$ を変化させず、間の $\tau_i$ 、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) を変えることで、マークエッジに影響させずに変調の出方を制御することもできる。以上のような分割方式を実現する分割記録パルス発生方法について以下に述べる。

【0068】基本的には、各マーク時間長 $nT$ に対する分割方法をプログラマブルとし、ROMチップに組み込んで記録してしまえば上記パルス分割は実現できる。しかし、あまりに多様な柔軟性を同一のパルス発生回路に付加するのは回路が複雑になるため、例えば、以下の2つのパルス発生方法を用いるのが好ましい。その結果、ほとんどすべての媒体に適應できるパルスを簡便に提供できる。

(分割記録パルス発生方法1) 図1(a)のようなEFM変調されたマーク長変調データ100に対して、図1(b)で示す分割方式101を適用する。即ち、 $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ に対して $m=1, 1, 2, 3, 3, 4, 5, 5, 5$ のように分割する。このとき、図1(c)に示すタイミングでクロックを発生する回路Gate1、Gate2、Gate3、Gate4を組み合わせることで図1(b)の分割方式を実現することができる。

【0069】図1(c)において、符号102で示すGate1は先頭記録パルス $\alpha_1 T$ を遅延時間 $T_{d1}$ 後に発生させる。符号103で示すGate2は2番目以降の中間記録パルス群 $\alpha_i T$ を遅延時間 $T_{d2}$ 後に発生させる。符号104で示すGate3は、バイアスパワー $P_b$ をもつパルスとパワー $P_e$ をもつパルスの発生を司る。即ち、Gate1、Gate2及びGate4で記録パルス群が発生していない場合、低いレベルのときにはバイアスパワー $P_b$ をもつオフパルス群 $\beta_i T$ を発生させ、高いレベルのときにはパワー $P_e$ をもつパルスを発生させる。Gate3及び $T_{d1}$ により $(n - (\eta_1 + \eta_2))T$ が定まる。符号105で示すGate4は中間記録パルス群 $\alpha_i T$ が発生し終わった後、遅延時間 $T_{d3}$ 後に最終記録パルス $\alpha_m T$ を発生させる。Gate3が低いレベルにある区間内では、記録パルス群が高いレベルにあればオフパルスに優先する。

【0070】また、遅延時間 $T_{d2}$ 及び $\alpha_1 T$ により、 $\beta_1 T$ は独立に制御でき、Gate3と $\alpha_m T$ により、 $\beta_m T$ は独立に制御できる。Gate1で発生する $\alpha_1 T$

区間では、記録パワー $P_{w1}$ を発生し、Gate2内での中間パルス群 $\alpha_i T$ では記録パワー $P_{w2}$ を発生し、Gate4で発生する $\alpha_m T$ 区間では、記録パワー $P_{w3}$ を発生させれば、先頭パルス区間と中間パルス区間群及び最後尾パルス区間とで、記録パワーを独立に制御できる。

【0071】先頭と最後尾の記録パルス幅及び記録パワーを独立して制御するために、中間パルス群の周期は、 $T_{d2}$ を起点として $r_i = \alpha_i + \beta_{i-1}$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) で規定し、概ね $r_i = 1 \sim 3$ で一定としており、この場合 $\beta_i$ は自動的に決まる。図1では $r_i = 1.5$ とした。ただし、 $\beta_1$ には $T_{d2} - (T_{d1} + \alpha_1 T)$ の補正をするよう $T_{d2}$ を定義しており、 $\beta_1$ は独立したパラメータとして扱える。

【0072】いずれの場合においても、Gateのタイミングは基準クロック周期 $T$ もしくはその整数分の1のベースクロックに同期しているものとし、 $\alpha_i$ や $\beta_i$ は該ベースクロックに対するデューティ比で規定されるものとする。ここで、 $n$ が所定の値 $n_c$ より小さければ、 $m=1$ とし、Gate2における中間パルス群は発生せず、 $n$ が $n_c$ 以上であれば前述の(分割方式例3)に従って所定個数を発生する。図1では $n_c$ を5とし、 $n$ が4以下では $m=1$ とし5以上で中間パルスを発生している。ここで、中間パルス群発生個数は $n$ に応じて、ROMメモリに記録された分割数を発生するものとする。

【0073】Gate4で発生される最後尾パルス $\alpha_m T$ は $n \geq n_c + 1$ の時のみ発生する。図1の9Tマークに示すとおりである。 $n = n_c$ の場合には、先頭パルス及び中間パルス一個の2個で分割する。図1では、5Tマークで代表している。ここで、複数の異なる時間的長さのマークを同じ分割数にパルス分割する場合、例えば、図1で3Tマークと4Tマークをともに1組の記録パルス及びオフパルスで記録する場合には、少なくとも $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ を、さらに必要ならば、 $P_{w1}$ 、 $P_{w3}$ を3Tマークと4Tマークとで相異なる値とする必要がある。

(分割記録パルス発生方法2) 以下の方法は、基準クロック周期 $T$ を分周して得られる、周期 $2T$ のクロック信号をベースとする分割記録パルス発生方法であり、分割記録パルス発生方法1より制限が多いが、より規則正しいルールに基づいて論理回路の設計が可能となる利点がある。

【0074】パルス発生方法2は、 $nT$ マークの $n$ のとり得る値が奇数であるか偶数であるかにわけて考える点に特徴がある。即ち、 $n$ が偶数、つまりマーク長が $nT = 2LT$  (ただし、 $L$ は2以上の整数) のマークの記録に際しては、分割数 $m=L$ 個の区間に分割し、記録パルス区間 $\alpha_i T$ 及びオフパルス区間 $\beta_i T$ における $\alpha_i$ 及び $\beta_i$ を下記のように定める。

【0075】

【数13】 $\alpha_1 + \beta_1 = 2 + \delta_1$  $\alpha_i + \beta_i = 2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$  $\alpha_m + \beta_m = 2 + \delta_2$ 

(ただし、 $\delta_1$  及び  $\delta_2$  は、それぞれ順に、 $-0.5 \leq \delta_1 \leq 0.5$ 、及び  $-1 \leq \delta_2 \leq 1$  を満足する実数である。また、 $L=2$  の場合には、 $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\alpha_m$  及び  $\beta_m$  のみが存在するものとする。)

一方、 $n$  が奇数、つまりマーク長が  $nT = (2L+1)T$  のマークの記録に際しては、分割数  $m=L$  個の区間に分割し、記録パルス区間  $\alpha_i' T$  及びオフパルス区間  $\beta_i' T$  における  $\alpha_i'$  及び  $\beta_i'$  を下記のように定める。

【0076】

【数14】 $\alpha_1' + \beta_1' = 2.5 + \delta_1'$  $\alpha_i' + \beta_i' = 2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$  $\alpha_m' + \beta_m' = 2.5 + \delta_2'$ 

(ただし、 $\delta_1'$  及び  $\delta_2'$  は、それぞれ順に、 $-0.5 \leq \delta_1' \leq 0.5$ 、及び  $-1 \leq \delta_2' \leq 1$  を満足する実数である。また、 $L=2$  の場合には、 $\alpha_1'$ 、 $\beta_1'$ 、 $\alpha_m'$  及び  $\beta_m'$  のみが存在するものとする。)

そして、パルス発生方法2においては、さらに下記式を満足させる。

【0077】

【数15】

$$\alpha_1 + \beta_1 + \alpha_m + \beta_m + \Delta = \alpha_1' + \beta_1' + \alpha_m' + \beta_m'$$

(ここで、 $\Delta = 0.8 \sim 1.2$  である)

なお、上記パルス発生方法2では、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\alpha_i'$ 、 $\beta_i'$ 、 $\delta_1$ 、 $\delta_2$ 、 $\delta_1'$  及び  $\delta_2'$  は、いずれも  $L$  の値に応じて変化していてもよい。パルス発生方法2においては、 $n=2L$  及び  $n=(2L+1)$  の記録マークの形成に際しては、同じ分割数  $L$  個の記録パルスに分割して記録を行う。つまり、 $n$  が順に 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ... の場合、それぞれ、分割数  $m$  を順に 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, ... とする。具体的には、EFM変調信号では、 $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$  に対して、分割数  $m$  を順に  $m=1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5$  とする。また、EFM+信号では、 $n=14$  が加わるが、その場合には分割数  $m$  は 7 とする。(1, 7) RLL-NRZI 変調では、 $n=2$  の場合があるが、この場合分割数  $m$  は 1 とする。

【0078】パルス発生方法2においては、同じ分割数  $m=L$  の2つの長さの異なる記録マークの間では、先頭のパルス周期  $(\alpha_1 + \beta_1)T$  と最後端の周期  $(\alpha_m + \beta_m)T$  とのみが異なっている。すなわち、 $(\alpha_1 + \beta_1 + \alpha_m + \beta_m)$  に対して  $(\alpha_1' + \beta_1' + \alpha_m' + \beta_m')$  を、 $\Delta$  (ここで、 $\Delta = 0.8 \sim 1.2$  である) だけ大きくする。 $\Delta$  は通常 1 であるが、前後の記録マークとの熱干渉の影響を考慮して  $0.8 \sim 1.2$  程度の範囲で変化

させることができる。

【0079】 $\delta_1$  及び  $\delta_2$  並びに  $\delta_1'$  及び  $\delta_2'$  は、それぞれ、各マーク長が正確に  $nT$  になるため、及び、マーク端のジッタを低減するために調整され、通常  $-0.5 \leq \delta_1 \leq 0.5$ 、 $-0.5 \leq \delta_1' \leq 0.5$ 、 $-1 \leq \delta_2 \leq 1$  及び  $-1 \leq \delta_2' \leq 1$  である。好ましくは前端と後端とでその補正量をほぼ同程度とする、つまり、 $|\delta_2 / \delta_1|$ 、及び  $|\delta_2' / \delta_1'|$  がそれぞれ  $0.8 \sim 1.2$  であることが好ましい。

【0080】また、同じ分割数の2つの記録マークのマーク長の差  $1T$  は、前端側で約  $0.5T$ 、後端側で約  $0.5T$  分それぞれ差をつけることによって形成するのが好ましい。即ち、

【0081】

【数16】 $\alpha_1 + \beta_1 + \Delta_1 = \alpha_1' + \beta_1'$ (ただし、 $\Delta_1 = 0.4 \sim 0.6$ )

とするのが好ましい。この場合、後端側は通常、

【0082】

【数17】 $\alpha_m + \beta_m + \Delta_2 = \alpha_m' + \beta_m'$ 

(ただし、 $\Delta_2 = 0.4 \sim 0.6$  であって、 $\Delta_1 + \Delta_2 = \Delta$ ) となる。

【0083】この中でも、特に、 $\delta_1 = \text{約} 0$  及び  $\delta_1' = \text{約} 0$  とすると、マーク前端に同期して各分割パルスを発生させるような回路が使用できるので特に好ましい。マーク前端の位置はほぼ  $\alpha_1 T$  における記録パワーレーザ光の立ち上がりで決まり、そのジッタは、 $\alpha_1$  と  $\beta_1$  のデューティ比や  $\alpha_1'$  と  $\beta_1'$  のデューティ比で決まるので、この方法において  $\delta_1 = 0$ 、 $\delta_1' = 0.5$  としてもマーク前端位置及びそのジッタは良好に制御することができる。

【0084】マーク後端位置は、 $\delta_2$  (及び  $\delta_2'$ ) 即ち、マーク最後端の分割パルス周期  $(\alpha_m + \beta_m)T$  (及び  $(\alpha_m' + \beta_m')T$ ) の値にも、 $\alpha_m$  と  $\beta_m$  のデューティ比 (及び  $\alpha_m'$  と  $\beta_m'$  のデューティ比) の値にも依存する。また、マーク後端位置は、最後端の記録パルス  $\alpha_m T$  (及び  $\alpha_m' T$ ) の立下り位置や、その前後での記録層温度の冷却過程にも依存する。特に、非晶質マークを形成する相変化媒体においては、記録層の冷却速度に大きな影響を与える最後端のオフパルス区間  $\beta_m T$  (及び  $\beta_m' T$ ) の値に依存する。従って、最後端の分割パルスの周期  $(\alpha_m + \beta_m)T$  は、必ずしも、 $0.5T$  や  $1T$  になる必要はなく、 $0.1T$  好ましくは  $0.05T$  より好ましくは  $0.025T$  程度の分解能で微調整をすることができる。

【0085】パルス発生方法2においては、 $\alpha_i$  と  $\beta_i$  とのデューティ比  $\alpha_i / (\alpha_i + \beta_i)$  は、それぞれのマーク長でそれぞれ最適化することができるが、パルス発生回路の簡便化のために、先頭のパルス及び最後尾のパルスの間にある中間のパルスにおいては、これらを一定値とするのが好ましい。即ち、中間のパルスが存在しう



る $L \geq 3$ の場合、同じ分割数 $m=L$ の2種類の記録マークにおける2以上 $(m-1)$ 以下の全ての $i$ に対して、 $\alpha_i = \alpha c$  (一定値) 及び $\alpha_i' = \alpha c'$  (一定値) とするのが好ましい。さらに、 $L$ が3以上の場合に、 $\alpha c$  及び $\alpha c'$  をともに $L$ によらない一定値、特に $\alpha c = \alpha c'$  として $L$ によらない一定値とすると、回路がさらに簡略化できて好ましい。

【0086】パルス発生方法2におけるパルス発生回路の簡便化のために、 $n$ が偶数の記録マークにおいて、 $\alpha_1$  及び $\beta_1$  が、3以上のすべての $L$ に対してそれぞれ一定の値をとるのが好ましい。特に、2以上のすべての $L$ に対して、 $\alpha_1 + \beta_1$  を2とすると、1から $(m-1)$ のすべての $i$ に対して、周期 $(\alpha_i + \beta_i) T$  が $2T$ となるので、特に好ましい。

【0087】同様に、パルス発生方法2におけるパルス発生回路の簡便化のために、 $n$ が奇数の記録マークにおいて、 $\alpha_1'$  及び $\beta_1'$  が、3以上のすべての $L$ に対してそれぞれ一定の値をとるのが好ましい。特に、2以上のすべての $L$ に対して、 $\alpha_1 + \beta_1$  を2.5とすると、その後続く分割パルス周期 $2T$ と同期をとることが容易になるので特に好ましい。

【0088】さらに、パルス発生方法2におけるパルス発生回路の簡便化のために、 $\alpha_n$ 、 $\beta_n$ 、 $\alpha_n'$ 、及び $\beta_n'$  は、それぞれ3以上の $L$ 、特に2以上のすべての $L$ に対して同一の値をとることが好ましい。ここで、 $\Delta_2 = (\alpha_n' + \beta_n') - (\alpha_n + \beta_n) = 0.5$  とすれば、さらに回路を簡便化することができる。なお、 $n$ が2又は3の場合には分割数 $m$ は1となるが、この場合には、 $\alpha_1$  と $\beta_1$  のデューティ比と $\delta_1$  (もしくは、 $\alpha_1'$  と $\beta_1'$  のデューティ比と $\delta_1'$ ) を調節して、所望のマーク長とジッタを達成することができる。この場合、 $\delta_1' - \delta_1 = 1$  であることが好ましい。

【0089】前述のように、パルス発生方法2においては、特に $\delta_1 = \delta_1' = 0$  とするのが好ましい。この場合、周期 $T$ を有する第1基準クロック1と第1の基準クロックに対して $0.5T$ だけずれた同じ周期 $T$ を有する第2基準クロック2を用いて、第1基準クロック1を分周して得られる周期 $2T$ の分周第1基準クロック3に同期させて $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) を発生させ、第2基準クロック2を分周して得られる周期 $2T$ の分周第2基準クロック4に同期させて $\alpha_i'$  ( $2 \leq i \leq m$ ) を発生させるとともに、 $\alpha_1'$  を $\alpha_2'$  の立ち上がりにより $2.5T$ 先行して立ち上がるようにパルス発生回路を制御するのが好ましい。この複数の基準クロックを用いる方法によって、パルス発生回路を簡便化することができる。

【0090】なお、 $\alpha_1$  及び $\alpha_1'$  の立ち上がり、記録すべきマーク長に従って変調された方形波の立ち上がりまたは立下りに対して、遅延あるいは先行させる必要がある場合があるが、この場合、マーク間の長さを一定にするために同一の遅延時間 $T_{d1}$ を付加することが好まし

い。ここで、 $T_{d1}$ は、 $-2$ 以上 $2$ 以下の実数であり、負の値の場合は先進時間となる。図12は、上記の複数の基準クロックを用いる方法によって本発明の記録方法におけるパルス分割方法を実施する場合の、各記録パルスの関係の一例を示した図である。図12においては、 $\alpha_1 T$  及び $\alpha_1' T$  の $nT$ マークの前端に対する遅延時間 $T_{d1}$ が0であり、記録パルス区間 $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) における記録パワーは $P_w$ で一定であり、オフパルス区間 $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) におけるバイアスパワーは $P_b$ で一定であり、マークの間及び $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) 及び $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) 以外の区間における光照射のパワーは消去パワー $P_e$ で一定である。ここで、 $P_b \leq P_e \leq P_w$  である。

【0091】図12において、200は周期 $T$ の基準クロックをあらわす。図12(a)は、長さ $nT$ の記録マークに対応したパルス波形であり、符号201が長さ $2LT$ の記録マークの長さ、符号202が $(2L+1)T$ の記録マークの長さに対応する。図12(a)においては、 $L=5$ の場合が示してある。図12(b)は、 $n=2L (=10)$  の場合の分割記録パルスの波形であり、図12(c)は、 $n=2L+1 (=11)$  の場合の分割記録パルスの波形である。

【0092】図12(b)において、周期 $2T$ の分周第1基準クロック205は、周期 $T$ を有する基準クロック200に対して位相の遅れが0である第1基準クロック203を分周して得られる。 $\alpha_1 + \beta_1 = 2$  であるため、各記録パルス区間 $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の立ち上がりは、周期 $2T$ の分周第1基準クロック205に同期している。この分周第1基準クロック205に同期して、 $\alpha_i$  と $\beta_i$  のデューティ比を調節して、記録パルス波形207を得る。

【0093】一方、図12(c)においては、周期 $2T$ の分周第2基準クロック206は、基準クロック200に対して $0.5T$ の位相のずれを有する周期 $T$ の第2基準クロック204を分周して得られる。各記録パルス区間 $\alpha_i T$  ( $2 \leq i \leq m$ ) の立ち上がりは、周期 $2T$ の分周第2基準クロック206に同期している。 $\alpha_1 + \beta_1 = 2.5$  であるため、 $\alpha_1 T$  のみが $0.5T$ 先行して立ち上がる。この分周第2基準クロック206に同期して、 $\alpha_i$  と $\beta_i$  のデューティ比を調節して、記録パルス波形208を得る。

【0094】ここで、図12においては、マーク長 $2LT$  と $(2L+1)T$  とを、そのマーク後端が $T/2$  及び $T/4$  において一致するように描いているので、周期 $2T$ の基準クロック205及び206の関係は(b)及び(c)の2通りしかないが、実際に $2T$ 周期の基準クロックを用いた場合、各マーク長の前端位置は、その位相に関して $1T$ 分のずれが生じうる。また、 $n$ が偶数か奇数であるかに応じて、図13(a)、(b)、(c)、(d)に示すように4通りの関係がありうる。そこで、

これに対応するゲート発生方法として、以下のような方法を採用するのが好ましい。

【0095】図13は、上記ゲート発生方法を説明するためのタイミングチャートである。図13のゲート発生方法は、(1)記録トラック上に所定の位置に形成されたクロックマークに対応した基準時間 $T_{sync}$ を発生させ、(2)基準時間 $T_{sync}$ を起点として遅延時間 $T_{d1}$ をもって発生された周期 $2T$ の基準クロック1aと、該基準クロック1aに対して $0.5T$ の先行した周期 $2T$ の基準クロック2aと、該基準クロック1aに対して $1T$ 先行した周期 $2T$ の基準クロック1bと、該基準クロック1aに対して $1.5T$ 先行した周期 $2T$ の基準クロック2bとの4種の基準クロックを発生させるとともに、(3) $nT=2LT$ なるマークの記録に際しては、基準クロック1a及び1bのいずれかに同期させて、 $\alpha_1T, \alpha_iT (2 \leq i \leq m-1), \alpha_mT$ の発生区間に対応したタイミングのゲートの一群G1a、G1bを発生させ、(4) $nT=(2L+1)T$ なるマークの記録に際しては、基準クロック2a及び2bのいずれかに同期させて $\alpha_1'T, \alpha_i'T (2 \leq i \leq m-1), \alpha_m'T$ に対応したタイミングのゲートの一群G2a、G2bを発生させる方法である。

【0096】図13において、符号300は、周期 $T$ の基準クロック(データの基準クロック)である。通常記録システムは、記録媒体の特定のアドレスにデータを記録するために、アドレスの最小単位ごとに媒体上に配置されたクロックマークで発生された同期信号 $T_{sync}$ (例えば、媒体上に凹凸ビット列として形成され、セクタごとに配置されたVFO等の同期信号や、媒体上に溝蛇行として形成されたATIPフレーム(1/75秒)ごとに配置された同期パターン)と、あらかじめ生成した周期 $T$ の基準クロックとを位相比較して同期を達成する。

【0097】図13に、マークの前端が、 $T_{sync}$ を基準として $T$ の偶数周期分経過した場合の例として、 $n$ が偶数の偶数マーク長301(図13(a))と、 $n$ が奇数の奇数マーク長304(図13(d))とを示す。一方、 $T_{sync}$ を基準として $T$ の奇数周期分経過した場合の例として、 $n$ が偶数の偶数マーク長302(図13(b))と、 $n$ が奇数の奇数マーク長303(図13(c))とを示す図13の(a)~(d)のそれぞれの場合で、図12の説明と同様の、位相が $0.5$ ずつずれた基準クロックを発生させると、それぞれ、符号305、符号306、符号307及び符号308で示される4つのクロック系列が生まれる。即ち、基準クロック305を基準として、それから $0.5T$ ずれたクロック307、 $1T$ ずれたクロック306、 $1.5T$ ずれたクロック308がベースとなる。これらのクロックは、すべて $T_{sync}$ を起点とする周期 $T$ の基準クロックを分周した後、 $0.5T$ ずつ位相をずらして形成される。

【0098】そして、図13(a)の場合には、周期 $P$

1a、P2a、P3a、P4a、及びP5aのそれぞれに同期して、記録パルス区間 $\alpha_1T, \alpha_2T, \alpha_3T, \alpha_4T, \alpha_5T$ に対応するゲート群G1aを生成する。図13(b)の場合には、周期P1b、P2b、P3b、P4b、及びP5bのそれぞれに同期して、記録パルス $\alpha_1T, \alpha_2T, \alpha_3T, \alpha_4T, \alpha_5T$ に対応するゲート群G1bを生成する。

【0099】図13(c)の場合には、周期R1a、R2a、R3a、R4a、及びR5aのそれぞれに同期して、記録パルス $\alpha_1'T, \alpha_2'T, \alpha_3'T, \alpha_4'T, \alpha_5'T$ に対応するゲート群G2aを生成する。さらに、図13(d)の場合には、周期R1b、R2b、R3b、R4b、及びR5bのそれぞれに同期して、記録パルス $\alpha_1'T, \alpha_2'T, \alpha_3'T, \alpha_4'T, \alpha_5'T$ に対応するゲート群G2bを生成する。

【0100】ここで、これらの記録パルス発生用のゲート群G1a、G1b、G2a、及びG2bは、図1において、Gate1、2及び4を合成したものと同等である。即ち、ゲート群G1a及びG1bを生成するにあたり、図1において、先頭パルス $\alpha_1T$ を生成するGate1、中間パルス群 $\alpha_iT (2 \leq i \leq m-1)$ を生成するGate2、および最後尾のパルス $\alpha_mT$ を生成するGate4を別々に生成し、これを合成する。また、ゲート群G2a及びG2bを生成するにあたり、図1において、先頭パルス $\alpha_1'T, \alpha_i'T (2 \leq i \leq m-1)$ 、および最後尾のパルス $\alpha_m'T$ を別々に生成し、これを合成する。

【0101】このように、図1のGate1と同様に先頭パルスを独立に生成すれば、 $n$ が奇数の場合の $(\alpha_1' + \beta_1')$ が $2.5$ である場合でも、 $\alpha_1'T$ なるゲートを $nT$ の先端に同期して生成すると共に、周期 $2T$ の中間パルス群 $\alpha_i'T$ を $2.5T$ 分だけ遅延して発生することによって対応できる。これは、図1のGate2で $T_{d2}$ を $2.5T$ とする(遅延 $T_{d1}$ がある場合にはさらに $T_{d1}$ だけ遅延させる)ことに相当する。

【0102】各ゲート群G1a、G1b、G2a、及びG2bは、下記のように選択される。まず、 $T_{sync}$ を基準として、周期 $T$ の基準クロック300の時間の起点を定め、周期 $T$ のクロックが偶数周期あるいは奇数周期のいずれかを経過してからマーク長 $nT$ が立ち上がるかを判定する。具体的には、例えば、 $T_{sync}$ でリセットされた、1ビットの加算器を利用して、1周期ごとに1を加算し、結果が0ならば偶数周期、結果が1ならば奇数周期と判定する。即ち、基準時間 $T_{sync}$ から $nT$ マークの前端までの経過時間が $T$ の偶数倍であれば、 $n$ が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群G1aもしくはG2bを選択し、基準時間 $T_{sync}$ から $nT$ マークの前端までの経過時間が $T$ の奇数倍であれば、 $n$ が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群G1bもしくはG2aを選択する。その結果、4種の $0.5T$ ずつ位

相の異なる周期  $2T$  の基準クロック群の組み合わせで、 $T_0$  を起点として生成される一連の  $nT$  マークのすべての記録パルスを生成できる。

【0103】一方、オフパルス区間との長さで消去パワー  $P_e$  の光を照射する区間とを決定するためには、マーク最後尾のオフパルス区間  $\beta_m T$  に留意する必要がある。即ち、マーク後端の周期を  $2T$  ではなくこれに  $\pm 1T$  程度の範囲の任意性をもたせるのが好ましいが、この場合には、最終のオフパルス  $\beta_m$  もしくは  $\beta_m'$  のタイミングを、例外的に規定すればよい。そのためには、図1の Gate 3 に相当するゲート信号を発生させるのが好ましい。例えば、 $nT$  マークの前端を基準として、 $n$  が偶数であるか奇数であるかに応じて、 $n$  が偶数の場合には  $T_{d1}$  の遅延後  $\Sigma(\alpha_i + \beta_i)$  なるゲート  $G3$  を発生させるか、 $n$  が奇数の場合には  $T_{d1}$  の遅延後  $\Sigma(\alpha_i' + \beta_i')$  なるゲート  $G4$  を発生させ、 $nT$  マークの前端位置が、(1)  $G3$  ないしは  $G4$  のいずれかがオフである期間はパワー  $P_e$  の光が照射し、(2)  $G3$  ないしは  $G4$  のいずれかがオンである場合にはパワー  $P_b$  の光が照射され、かつ、(3)  $G3$  と  $G1a$  とが同時にオンである場合には、 $G1a$  オン区間に対応して  $P_w$  のパワーの光を照射し、(4)  $G3$  と  $G1b$  とが同時にオンである場合には、 $G1b$  オン区間に対応してパワー  $P_w$  の光を照射し、(5)  $G4$  と  $G2a$  とが同時にオンである場合には、 $G2a$  オン区間に対応してパワー  $P_w$  の光を照射し、(6)  $G4$  と  $G2b$  とが同時にオンである場合には、 $G2b$  オン区間に対応してパワー  $P_w$  の光が照射されるようにする。

【0104】このようなゲートの優先関係は、ゲートのオン/オフを論理的な 0, 1 レベルに対応させて、各ゲート制御の論理信号の和演算を行うことによって達成される。なお、図12及び13においては、簡略化のため、最前端の記録パルス  $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_1' T$  の立ち上がりは、 $nT$  マークの前端、すなわち、記録すべき  $nT$  マークの前端に対して同時である場合を示した。もしも遅延を有する場合は、すべての  $L$  のとり得る値に対して、記録パワーのパルス  $\alpha_1 T$  及び  $\alpha_1' T$  の立ち上がりが同一の遅延時間  $T_{d1}$  を有するようにするのが、マーク間長を所望の長さに保つ上で好ましい。

(分割記録パルス発生方法3) 以下の方法は、基準クロック周期  $T$  を分周して得られる、周期  $2T$  のクロック信号をベースとする分割記録パルス発生方法のもう一つの例であり、やはり分割記録パルス発生方法1より規則正しいルールに基づいて、論理回路の設計が可能となる方法である。

【0105】具体的には、パルス発生方法2と同様に、 $nT$  マークの  $n$  のとり得る値が奇数であるか偶数であるかに分けて考える。分割記録パルス発生方法2においては、分割数と同じ偶数長マークと奇数長マークのマーク長差  $1T$  の補正を、先頭及び最後尾の記録パルス周期に

分散して割り当てたが、パルス発生方法3においては、マーク長  $1T$  の補正を中間分割記録パルス群のオフパルス長  $\beta_i T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) の調整にて行う。

【0106】即ち、 $n$  が偶数、つまりマーク長が  $nT = 2LT$  (ただし、 $L$  は2以上の整数) のマークの記録に際して、分割数  $m = L$  個の区間に分割し、記録パルス区間  $\alpha_i T$  及びオフパルス区間  $\beta_i T$  における  $\alpha_i$  及び  $\beta_i$  を下記のように定める。

【0107】

$$\text{【数18】 } T_{d1} + \alpha_1 = 2 + \epsilon_1$$

$$\beta_{i-1} + \alpha_i = 2 \quad (2 \leq i \leq m)$$

一方、 $n$  が奇数、つまりマーク長が  $nT = (2L+1)T$  のマークの記録に際して、分割数  $m = L$  個の区間に分割し、記録パルス区間  $\alpha_i' T$  及びオフパルス区間  $\beta_i' T$  における  $\alpha_i'$  及び  $\beta_i'$  を下記のように定める。

【0108】

$$\text{【数19】 } T_{d1}' + \alpha_1' = 2 + \epsilon_1'$$

$$\beta_1' + \alpha_2' = 2.5 + \epsilon_2'$$

$$\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2 \quad (3 \leq i \leq m-1)$$

$$\beta_{m-1}' + \alpha_m' = 2.5 + \epsilon_3'$$

(ただし、 $L=2$  の場合には、 $\beta_1' + \alpha_2' = 2.5 + \epsilon_2'$ 、あるいは、 $\beta_1' + \alpha_2' = 3 + \epsilon_2'$  とする。)

そして、 $\beta_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta_{m-1}$ 、 $\alpha_m$ 、 $\beta_1'$ 、 $\alpha_2'$ 、

$\beta_{m-1}'$ 、及び  $\alpha_m'$  が下記式を満足する。

【0109】

$$\text{【数20】 } \beta_1 + \alpha_2 + \beta_{m-1} + \alpha_m + \Delta_2 = \beta_1' + \alpha_2' + \beta_{m-1}' + \alpha_m'$$

(ここで、 $\Delta_2 = 0.81.2$  である。)

ここで、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\alpha_i'$ 、 $\beta_i'$ 、 $T_{d1}$ 、 $T_{d1}'$ 、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_1'$ 、 $\epsilon_2'$  及び  $\epsilon_3'$  の値は、 $L$  に応じて変わらう。

【0110】 $T_{d1}$  及び  $T_{d1}'$  は、マーク長変調された元信号における  $nT$  マークの始端から、先頭の記録パルス  $\alpha_1 T$  が立ち上がるまでの先行もしくは遅延時間であり、通常  $-2$  以上  $2$  以下の実数である。 $T_{d1}$  及び  $T_{d1}'$  が正の値ならば、遅延を意味する。 $T_{d1}$  及び  $T_{d1}'$  は、 $L$  によらずほぼ一定とするのが好ましい。 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\alpha_i'$ 、及び  $\beta_i'$  は、それぞれ通常  $0$  以上  $2$  以下の実数であり、好ましくはそれぞれ  $0.5$  以上  $1.5$  以下である。

【0111】 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_1'$ 、 $\epsilon_2'$ 、及び  $\epsilon_3'$  は、いずれも通常  $-1$  以上  $1$  以下の実数であり、より好ましくはいずれも  $-0.5$  以上  $0.5$  以下である。これらは、周期  $2T$  を形成する分割パルス周期  $(\beta_{i-1} + \alpha_i)T$  において、正確なマーク長あるいはスペース長を実現するための補正值として必要に応じて用られる。パルス発生方法3においては、 $L$  が等しい  $n = 2LT$  及び  $n = (2L+1)T$  に対応する2つのマークに対しては、等しい分割数  $L$  の記録パルスに分割して記録を行う。つまり、 $n = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \dots$  に対し



て、それぞれ、記録パルスの数を 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, ... とする。例えば、EFM 変調信号では、 $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$  に対して、分割数  $m$  を順に 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5 とする。EFM+ 信号では、これに  $n=14$  が加わるが、その場合には分割数  $m$  を 7 とする。  
( 1, 7 ) RLL-NRZI 変調では、 $n=2$  の場合も  $m=1$  とする。

【0112】同一分割数で  $n=2L$  及び  $2L+1$  の 2 種類のマーク長を記録するために、周期  $(\beta_1 + \alpha_2)T$ 、及び周期  $(\beta_{n-1} + \alpha_n)T$  をそれぞれ  $0.5T$  ずつ増減して長さを調整する。マーク長記録において重要なのは、マーク前後端の波形で決まるマーク端の位置とジッタであり、マークの中間部分は振幅のみ得られていれば、マーク端のジッタには大きな影響がない。上記の調整方法は、マークが光学的に分割されて見えない限り、マーク中間部での記録パルス周期を  $0.5T$  伸縮させても、その分、マーク長が伸縮変化するのみで、マーク端でのジッタには大きくは影響しないことを利用している。

【0113】パルス発生方法 3 においては、記録パルスの周期はいずれのマーク長でも  $2T$  をベースとする。 $\alpha_i$  と  $\beta_i$  のデューティ比は、各マーク長ごと或いは  $i$  ごとにそれぞれ最適化できるが、記録パルス発生回路の簡便化のために以下のような制限を設けておくことがより好ましい。まず、マーク前端に関しては、 $\alpha_1, \beta_1, \alpha_1'$  及び  $\beta_1'$  は、3 以上の  $L$  に対して、 $L$  によらずそれぞれ一定とするのが好ましい。より好ましくは、 $\alpha_1' = 0.8\alpha_1 \sim 1.2\alpha_1$ 、及び  $\beta_1' = \beta_1 + 0.5$  とする。さらに好ましくは、 $\beta_1' = \beta_1 + 0.5$ 、 $\alpha_1 = \alpha_1'$ 、且つ  $\beta_1 = \beta_1'$  とする。マーク前端の位置はほぼ先頭の記録光の立ち上がりで決まる。つまり、 $\alpha_1 T = \alpha_1' T$  の立ち上がり位置を、マーク長  $nT$  の始端に対して、一定の遅延時間  $T_{d1}$  としておけば、実際のマークの前端の位置はほぼ一義的に決まる。一方、マーク前端のジッタは、 $\alpha_1 T$  が  $\alpha_1' T$  とほぼ同じとしても、 $\beta_1 T$  がある程度（実際上  $0.5T$ ）以上の長さであれば、 $\beta_1'$  のみ  $\beta_1' = \beta_1 + 0.5$  程度とすれば、 $n$  によらず良好な値が得られる。

【0114】ついで、マーク後端に関しては、 $\alpha_n, \beta_n, \alpha_n'$  及び  $\beta_n'$  は、3 以上の  $L$  に対して、 $L$  によらずそれぞれ一定とするのが好ましい。より好ましくは、 $\beta_{n-1}' = \beta_{n-1} + 0.5$ 、 $\alpha_n' = 0.8\alpha_n \sim 1.2\alpha_n$ 、及び  $\beta_n' = 0.8\beta_n \sim 1.2\beta_n$  とする。より好ましくは、 $\beta_{n-1}' = \beta_{n-1} + 0.5$ 、 $\alpha_n = \alpha_n'$ 、且つ  $\beta_n = \beta_n'$  とする。

【0115】 $L=2$  の場合には、 $\beta_1' = \beta_1 + 0.5 \sim 1.5$ 、 $\alpha_n' = \alpha_n + 0 \sim 1$ 、且つ  $\beta_n' = 0.8\beta_n \sim 1.2\beta_n$  とするのが好ましい。しかし、いずれの場合も  $\alpha_n T$  及び  $\alpha_n' T$  の立ち下がりマーク長  $nT$  の後端

は一定の時間差をもって同期することが望ましい。マーク後端の位置は、最後端の記録パルス  $\alpha_n T$ （もしくは  $\alpha_n' T$ ）の立下り位置のみならず、その前後での記録層温度の冷却過程にも依存する。特に非晶質マークを形成する相変化媒体では、最後端のオフパルス区間  $\beta_n T$ （もしくは  $\beta_n' T$ ）によって制御される記録層温度の冷却速度に依存する。従って、 $\alpha_n T$  及び  $\alpha_n' T$  が  $nT$  マークの後端に対して、一定の時間だけずれており、 $\beta_n' = \beta_n$  であれば、マーク後端位置はほぼ一義的に決まる。

【0116】一方、後端のジッタは、 $\beta_{n-1}, \beta_{n-1}', \alpha_n$ 、及び  $\alpha_n'$  が一定の長さ以上であれば影響は小さく、ほとんど  $\beta_n' = \beta_n$  によってのみ支配され、 $\beta_n' = \beta_n$  を最適化すればほぼ最良のジッタが得られる。なお、パルス発生方法 3 においても、特に高密度記録の場合には、記録しようとしているマークの直前もしくは直後のマークもしくはマーク間に応じて、熱干渉を補正するために、 $T_{d1}, \alpha_1, \alpha_1', \beta_1, \beta_1', \alpha_n, \alpha_n', \beta_n$ 、及び  $\beta_n'$  の値を  $\pm 20\%$  程度の範囲内で微調整することができる。上記の説明において、「約 0.5」あるいは「約 1」という記載は、この程度の微調整を許容することを意味する。

【0117】さらなるパルス発生回路の簡便化のために、 $L$  が 3 以上の場合には、 $2 \leq i \leq m-1$  なる  $i$  に対して、 $\alpha_i, \alpha_i'$  をそれぞれ  $i$  によらず一定値とする、つまり、

【0118】

【数 21】 $\alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_{n-1}$

$\alpha_2' = \alpha_3' = \dots = \alpha_{n-1}'$

とするのが好ましい。ここで、 $L$  が 3 以上とは、分割数が 3 以上であり、マーク先頭と最後尾の分割パルスを除いて、1 以上の中間分割記録パルスが存在するための条件である。

【0119】より好ましくは、 $L$  が 3 以上の場合には、 $L$  によらず、 $2 \leq i \leq m-1$  なる  $i$  に対して、 $\alpha_i$  と  $\alpha_i'$  とを、それぞれ順に  $\alpha_c$  及び  $\alpha_c'$  なる一定値とし、さらに好ましくは、 $\alpha_c = \alpha_c'$  とする。マーク長記録では、中間部のマーク形成は信号振幅さえとれば、マーク端位置及びジッタに及ぼす影響は少ないから、ほとんどの場合、このように、一律に  $\alpha_i = \alpha_i' = \alpha_c$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) と設定することが可能である。

【0120】なお、 $\alpha_n$  及び  $\alpha_n'$  も、それぞれ  $2 \leq i \leq m-1$  における  $\alpha_i$  及び  $\alpha_i'$  と同じ値とするのがより好ましい。 $L=1$  すなわち、マーク長  $nT$  が  $2T$  又は  $3T$  の場合、 $m=1$  とするのが好ましい。この場合、周期  $(\alpha_1 + \beta_1)T$  と  $\alpha_1$  と  $\beta_1$  のデューティ比（もしくは、周期  $(\alpha_1' + \beta_1')T$  と  $\alpha_1'$  と  $\beta_1'$  のデューティ比）とを調節して、所望のマーク長とジッタを達成できる。この場合、 $\beta_1$  又は  $\beta_1'$  が  $n \geq 4$  で一定ならば、 $\beta_n$  又は  $\beta_n'$  もそれぞれ  $n \geq 4$  の場合の  $\beta_1$  又は

$\beta_1'$  と同じ値を用いることが好ましい。

【0121】このような分割記録パルスは、 $0 \leq T_{d1} \leq 2$ 、 $0 \leq T_{d1}' \leq 2$  の場合、例えば以下のようにして生成することができる。まず、(1) 周期  $T$  の第1の基準クロックに同期して、元になるマーク長変調信号が生成されているものとする。マーク長変調信号の  $nT$  マークの始端を基準として  $T_{d1}$  (あるいは  $T_{d1}'$ ) 遅延して、先頭記録パルス  $\alpha_1 T$  (あるいは  $\alpha_1' T$ ) を生成し、

(2) 次いで、 $nT$  マークの後端と  $\epsilon_3$  (あるいは  $\epsilon_3'$ ) 時間差をおいてたち下がりが一致するように、最後尾記録パルス  $\alpha_m T$  ( $\alpha_m' T$ ) を生成する。そして、(3)  $L$  が3以上の場合に存在する中間分割記録パルスである、 $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) は、 $n$  が偶数 ( $n=2L$ ) の場合には、 $nT$  マークの始端から、 $4T$  後に  $\alpha_2 T$  がたち下がり、以後、 $\alpha_i + \beta_{i-1}$  が  $2T$  周期となるように生成させ、(4)  $n$  が奇数 ( $n=2L+1$ ) の場合には、 $nT$  マークの始端から、 $4.5T$  後に  $\alpha_2' T$  がたち下がり、以後  $\alpha_i' + \beta_{i-1}'$  が  $2T$  周期となるように生成する。

【0122】上記の例では、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_1'$ 、 $\epsilon_2'$ 、 $\epsilon_3'$  がそれぞれ0でない場合にも、少なくとも中間分割記録パルス群の  $\alpha_2 T$  あるいは  $\alpha_2' T$  の立ち下がりが、正確に  $nT$  マークの始端から、 $4T$  あるいは  $4.5T$  のいずれかの遅延時間をおいて発生させている。このため、少なくとも中間分割記録パルス群は、あらかじめ周期  $T$  の基準データクロックを分周して生成された周期  $2T$  の基準クロックに同期して生成できる。

【0123】図24は、かかる周期  $2T$  の複数の基準クロックの組み合わせで、本記録パルス分割方法を実施する場合の、各記録パルスの関係を示した図である。図24では、簡便化のために、記録パルス区間に照射する光の記録パワー  $P_w$  や、オフパルス区間に照射する光のバイアスパワー  $P_b$ 、及びそれら以外の区間で照射する光の消去パワー  $P_e$  は、それぞれいずれの  $i$  でも一定として描いており、且つある。  $P_b < P_e < P_w$  として描いているが、これらの値は、 $n$  や  $i$  に応じて異なる値にできる。特に  $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_1' T$  における記録パワー  $P_{w1}$ 、及び  $\alpha_m T$ 、 $\alpha_m' T$  における記録パワー  $P_{wm}$  は、他の  $\alpha_i T$  ( $i=2 \sim m-1$ ) における記録パワー  $P_{wi}$  とは異なる値に設定されることがある。

【0124】また、図24ではやはり、簡便化のために、 $\epsilon_1 = \epsilon_1' = \epsilon_2' = \epsilon_3' = 0$  とし、記録すべき  $nT$  マークの前端に対して  $2T$  後に最先端の記録パルス  $\alpha_1 T$ 、及び  $\alpha_1' T$  がたち下がりとし、また、 $\alpha_m T$ 、 $\alpha_m' T$  の立下りが  $nT$  マークの後端と一致するとして描いている。図24において、220は周期  $T$  の基準クロックをあらわす。

【0125】図24(a)は元になるマーク長変調信号の  $nT$  マークに対応した方形波の波形であり、221が長さ  $2LT$ 、222が  $(2L+1)T$  のマークに対応す

る。ここでは、具体的に  $L=5$  に対応するの2種類の場合一が記載されているが、 $L$  が1増減するごとに、中間の  $2 \leq i \leq m-1$  に対応する、周期  $2T$  を差し引きすれば、他の場合も同様に扱うことができる。

【0126】図24(b)は、 $n=2L=10$  の場合の分割記録パルスの波形であり、図24(c)は  $n=2L+1=11$  の場合の分割記録パルスの波形である。図24(b)では、周期  $2T$  の基準クロック225は周期  $T$  の基準クロック220に対して位相の遅れが0である周期  $T$  の基準クロック223を分周して得られる。 $T_{d1} + \alpha_1 = 2$  である場合、各記録パルス  $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の立ち下がり、は、周期  $2T$  の基準クロック225に同期している。かかる周期  $2T$  のクロック225に同期して、 $\alpha_i$  と  $\beta_i$  のデューティ比を調節して、記録パルス波形227が得られる。

【0127】図24(c)では、周期  $2T$  の基準クロック226は周期  $T$  の基準クロック220に対して  $0.5T$  の位相のずれを有する周期  $T$  の基準クロック224を分周して得られる。各記録パルス  $\alpha_i' T$  ( $2 \leq i \leq m$ ) の立ち下がり、は、周期  $2T$  の基準クロック226に同期している。基準クロック226に同期して、 $\beta_{i-1}$  と  $\alpha_i$  のデューティ比を調節して、記録パルス波形228が得られる。

【0128】このように、周期  $T$  の第1の基準クロック1(223)と、及び周期  $T$  で第1の基準クロックに対して  $0.5T$  だけずれた周期  $T$  の第2の基準クロック2(224)とを用いて、基準クロック1を分周して得られる周期  $2T$  の基準クロック3(225)に同期させて、 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) を発生させ、基準クロック2を分周して得られる周期  $2T$  の基準クロック4(226)に同期させて、 $\alpha_i'$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) を発生させることによって、 $2L$  及び  $2L+1$  に対応した分割記録パルスを容易に生成できる。

【0129】図24では、マーク長  $2LT$  と  $(2L+1)T$  とを、そのマーク後端が  $T2$  及び  $T4$  において一致するように描いているので、周期  $2T$  の基準クロック225及び226の関係は(b)及び(c)の2通りしかないが、実際に  $2T$  周期の基準クロックを用いた場合、各マーク長の前端位置は、 $2T$  周期に同期はしていても位相に関しては、 $1T$  のずれが生じうる。従って、さらに  $n$  が偶数か奇数であるかに応じて、分割記録パルス発生方法2において図13(a)、(b)、(c)、(d)に示すように4通りの関係がありうることを考慮しなければならないことは、分割記録発生方法3においても同様である。

【0130】そして、図13の周期  $2T$  のクロック4系列を利用して、(1a)の場合には、周期  $P1a$ 、 $P2a$ 、 $P3a$ 、 $P4a$ 、 $P5a$  のそれぞれに同期して、記録パルス区間  $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\alpha_3 T$ 、 $\alpha_4 T$ 、 $\alpha_5 T$  に対応するゲート群  $G1a$  を生成し、(1b)の場合には、

周期  $P1b$ ,  $P2b$ ,  $P3b$ ,  $P4b$ ,  $P5b$  のそれぞれに同期して、記録パルス  $\alpha_1 T$ ,  $\alpha_2 T$ ,  $\alpha_3 T$ ,  $\alpha_4 T$ ,  $\alpha_5 T$  に対応するゲート群  $G1b$  を生成し、(2a) の場合には、周期  $R1a$ ,  $R2a$ ,  $R3a$ ,  $R4a$ ,  $R5a$  のそれぞれに同期して、記録パルス  $\alpha_1' T$ ,  $\alpha_2' T$ ,  $\alpha_3' T$ ,  $\alpha_4' T$ ,  $\alpha_5' T$  に対応するゲート群  $G2a$  を生成し、(2b) の場合には、周期  $Q1b$ ,  $Q2b$ ,  $Q3b$ ,  $Q4b$ ,  $Q5b$  のそれぞれに同期して、記録パルス  $\alpha_1' T$ ,  $\alpha_2' T$ ,  $\alpha_3' T$ ,  $\alpha_4' T$ ,  $\alpha_5' T$  に対応するゲート群  $G2b$  を生成する。

【0131】ここで、これらの記録パルス発生用ゲート群  $G1a$ ,  $G1b$ ,  $G2a$ ,  $G2b$  は、図1において、Gate 1、2、4 を合成したものと同等であることも分割記録発生方法2の場合と同様である。つまり、 $G1a$  及び  $G1b$  を生成するにあたり、図1のように、先頭パルス  $\alpha_1 T$  を生成する Gate 1、中間パルス群  $\alpha_i T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ ) を生成する Gate 2、および最後尾のパルス  $\alpha_m T$  を生成する Gate 4 を別々に生成し、これを合成する。あるいは、 $G2a$  及び  $G2b$  を生成するにあたり、図1のように、先頭パルス  $\alpha_1' T$ 、中間パルス群  $\alpha_i' T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )、および最後尾のパルス  $\alpha_m' T$  を別々に生成し、これを合成する。 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_1'$ 、 $\epsilon_2'$ 、 $\epsilon_3'$  が0でない場合は、先頭記録パルス  $\alpha_1 T$ ,  $\alpha_1' T$  に対して周期  $P1a$ ,  $Q1a$ ,  $P1b$ ,  $Q1b$  のいずれかで所定の時間差を加えて発生させ、最後尾記録パルス  $\alpha_m T$ ,  $\alpha_m' T$  に対して周期  $P5a$ ,  $P5b$ ,  $Q5a$ ,  $Q5b$  のいずれかで所定の時間差を加えて発生させればよい。

【0132】一方、オフパルス区間と  $P_e$  照射区間とを決定するためには、マーク最後尾の  $\beta_m T$  が変則的であることに留意する必要がある。すなわちマーク後端の周期が必ずしも  $2T$  とはならず、かつ、 $2T \pm 1T$  程度の任意性をもたせる必要があるが、これは、最終のオフパルス  $\beta_m$  もしくは  $\beta_m'$  を例外的に規定すればよい。そのためには、図1の Gate 3 に相当するゲート信号を発生させる。

【0133】すなわち、 $n$  が偶数である場合は、 $nT$  マークの前端を基準として、遅延時間  $T_{d1}$  の経過後、 $\Sigma(\alpha_i + \beta_i) T$  なるゲート  $G3$  を発生させ、 $n$  が奇数である場合には、 $nT$  マークの前端を基準として、遅延時間  $T_{d1}'$  の経過後、 $\Sigma(\alpha_i' + \beta_i')$   $T$  なるゲート  $G4$  を発生させる。そして、 $G3$  ないしは  $G4$  のいずれもがオフである場合は消去パワー  $P_e$  の光を照射し、 $G3$  ないしは  $G4$  のいずれかがオンである場合にはバイアスパワー  $P_b$  の光を照射し、且つ、 $G3$  と  $G1a$  が同時にオンである場合には、 $G1a$  オン区間に対応して記録パワー  $P_w$  の光を照射し、 $G3$  と  $G1b$  が同時にオンである場合には、 $G1b$  オン区間に対応して記録パワー  $P_w$  の光を照射し、 $G4$  と  $G2a$  が同時にオンである場合には、 $G2a$  オン区間に対応して記録パワー  $P_w$  の光を照

射し、 $G4$  と  $G2b$  が同時にオンである場合には、 $G2b$  オン区間に対応して記録パワー  $P_w$  の光を照射する。このようなゲートの優先関係は、ゲートのオン/オフを論理的な0、1レベルに対応させて、各ゲート制御の論理信号の和演算を行えばよい。

【0134】以上をまとめると、(1) 記録トラック上に所定の位置に形成されたクロックマークに対応した基準時間  $T_{sync}$  を発生させ、(2) 基準時間  $T_{sync}$  を起点として発生された、周期  $2T$  の基準クロック  $1a$  と該基準クロック  $1a$  に対して  $0.5T$  の先行した周期  $2T$  の基準クロック  $2a$  と、該基準クロック  $1a$  に対して  $1T$  先行した周期  $2T$  の基準クロック  $1b$  と該基準クロック  $1a$  に対して  $1.5T$  先行した周期  $2T$  の基準クロック  $2b$  との4種の基準クロックを発生させると共に、

(3)  $nT = 2LT$  なるマークの記録に際して、基準クロック  $1a$  及び  $1b$  のいずれかに同期させて、 $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_i T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )、 $\alpha_m T$  の発生区間に対応したタイミングのゲートの一群  $G1a$  及び  $G1b$  を発生させ、(4)  $nT = (2L+1)T$  なるマークの記録に際して、基準クロック  $2a$  及び  $2b$  のいずれかに同期させて  $\alpha_1' T$ 、 $\alpha_i' T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )、 $\alpha_m' T$  に対応したタイミングのゲートの一群  $G2a$  及び  $G2b$  を発生させることで、記録パルス区間  $\alpha_i T$  を発生するためのゲートのすべてを生成することができる。

【0135】各ゲート群  $G1a$ ,  $G1b$ ,  $G2a$ ,  $G2b$  は下記のようにして選択することができる。まず、基準時間  $T_{sync}$  を基準として、周期  $T$  のクロックが偶数周期あるいは奇数周期のいずれかを経過してからマーク長  $nT$  が立ち上がるかを判定する。具体的には、例えば、基準時間  $T_{sync}$  でリセットされた1ビットの加算器を利用して、1周期ごとに1を加算し、結果が0ならば偶数周期、結果が1ならば奇数周期と判定できる。すなわち、基準時間  $T_{sync}$  から  $nT$  マークの前端までの経過時間が  $T$  の偶数倍であれば、 $n$  が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群  $G1a$  もしくは  $G2b$  を選択し、基準時間  $T_{sync}$  から  $nT$  マークの前端までの経過時間が  $T$  の奇数倍であれば、 $n$  が偶数であるか奇数であるかに応じてゲート信号群  $G1b$  もしくは  $G2a$  を選択する、このようにすれば、4種の  $0.5T$  ずつ位相の異なる周期  $2T$  の基準クロック群の組み合わせで、 $T_0$  を起点として生成される一連の  $nT$  マークのすべての記録パルスを生成できることになる。

【0136】以上の分割記録パルス発生方法1、2及び3に従えば、少なくとも中間のパルス群の切り替え周期  $(\alpha_i + \beta_i) T$  又は  $(\alpha_i + \beta_{i-1}) T$  (ただし  $2 \leq i \leq m-1$ ) は  $1T$ ,  $1.5T$ ,  $2T$ ,  $2.5T$  いずれかで一定とし、 $\alpha_i$  と  $\beta_i$  のデューティ比及び  $\alpha_i'$  と  $\beta_i'$  のデューティ比を変化させることで、異なる特性を有する媒体や、同一の媒体を異なる線速で使用した場合にも最適の分割記録パルスストラテジーを見出すことが容



易になる。

【0137】本発明の光記録方法は、特に結晶状態を未記録・消去状態とし、非晶質マークを形成することで情報のオーバーライトを行う相変化媒体において特に有効である。本発明の光記録方法は、また、同一の媒体に対して様々な線速で記録を行う場合にも有効である。一般的に、複数の線速でクロック周期 $T$ 及び線速 $v$ の積 $vT$ を一定として、線速によらず等密度の記録を行うことは広く行われている。

【0138】例えば、同一の記録媒体に対して、 $v \times T$ が一定の複数の線速度 $v$ でマーク長変調方式による記録を行う場合に、前記パルス発生方法2を用いる際、少なくとも2以上の $L$ において、 $2 \leq i \leq m-1$ における $(\alpha_i + \beta_i)T$ 、及び $(\alpha_i' + \beta_i')T$ の周期を線速によらず一定に保ち、さらに各 $i$ における $Pw_i$ 、 $Pb_i$ 、及び $Pe$ も線速度によらずほぼ一定に保ち、且つ低線速度ほど $\alpha_i$ 及び $\alpha_i'$  ( $2 \leq i \leq m$ )を減少させる(特開平9-7176号公報)。その結果、広い線速度で良好なオーバーライトが可能となる。

【0139】また、同一の記録媒体に対して、 $v \times T$ が一定の複数の線速度 $v$ でマーク長変調方式による記録を行う場合に、前記パルス発生方法3を用いる際、少なくとも2以上の $L$ において、 $2 \leq i \leq m$ における $(\beta_{i-1} + \alpha_i)T$ の周期及び $(\beta_{i-1}' + \alpha_i')T$ の周期を線速によらず一定に保ち、さらに各 $i$ における $Pw_i$ 、 $Pb_i$ 、及び $Pe$ も線速によらずほぼ一定に保ち、低線速ほど $\alpha_i$ 及び $\alpha_i'$ が単調に減少させる(特開平9-7176号公報)のも有効である、この場合も、広い線速範囲で良好なオーバーライトが可能となる。

【0140】上記2つの例において、 $Pw_i$ 、 $Pb_i$ 、及び $Pe$ が線速度によらずほぼ一定であるとは、最小値が最大値の概ね20%程度以内であることをいうが、より好ましくは10%以内である。さらに好ましくは実質的に全く線速によらず一定とすることである。上記2つの例において、低線速ほど $(\alpha_i + \beta_i)T$ における $\alpha_i$ を減少させ $\beta_i$ を増加させたり、 $(\alpha_i + \beta_{i-1})T$ における $\alpha_i$ を減少させて $\beta_{i-1}$ を増加させたりするのは、特に相変化媒体において有効である。相変化媒体では、低線速ほど記録層の冷却速度が遅くなるので、オフパルス区間 $\beta_i$ の比率を高めて、冷却効果を促進する必要があるからである。その場合、すべての使用線速度 $v$ およびすべての $L$ に対して、 $0.5 < \beta_i, \beta_i' \leq 2.5$ 、より好ましくは $1 \leq \beta_i, \beta_i' \leq 2$ として、非晶質化のための冷却時間を確保することがより好ましい。

【0141】上記2つの例においては、さらに、すべての線速度において $\alpha_i T$ と $\alpha_i' T$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )とを一定とする、つまり、中間記録パルス群は記録パルスの絶対時間をほぼ一定とするのが好ましい。「ほぼ一定」とは、各線速において $\pm 0.1 T$ の範囲程度の幅を有することを意味する。この場合、基準クロック $T$ は線

速が小さいほど大きくなるので、中間パルス群の $\alpha_i$ 、 $\alpha_i'$ は必然的に単調減少する。先頭の記録パルス区間 $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_1' T$ は一定とできるが、好ましくは各線速で微調整する。また、 $\beta_i$ 、 $\beta_i'$ は、各線速ごとに微調整を行うのが好ましい。この場合、 $\beta_i$ 、 $\beta_i'$ 自体が一定であるか、あるいは低線速になるほど大きくするのが好ましい。

【0142】なお、以上の3つのパルス発生方法1、2及び3において、記録可能DVDの1倍速(線速3.5 m/s、基準クロック周期 $T$ は38.2ナノ秒)以上に基準クロック周期 $T$ が小さい場合には、さらに、先行及び/又は後続マーク長もしくはスペース長に応じて、 $n - (\eta_1 + \eta_2)$ や、先頭、最後尾パルスを制御するのが好ましい。

【0143】本発明が特に有効な具体的な場合としては以下が挙げられる。まず、記録時の線速度が10 m/s以上と高速であって、かつ最短マーク長を0.8  $\mu$ m未満と短くし、高密度に記録を行う場合である。なお、最短マーク長は線速度を $V$ とすると $nT \times V$ で表されるから、最短マーク長が短いことは基準クロック周期 $T$ を短くすることに他ならない。

【0144】また、記録光の波長が500 nm未満と短く、記録光を集束させるためのレンズの開口数が0.6以上と高く、記録光のビーム径が小さく、かつ、最短マーク長を0.3  $\mu$ m未満と短くし、高密度に記録を行う場合も有効である。さらには、マーク長変調方式として、8-16変調方式もしくは(1,7)-RLL-NRZI変調方式といった、高密度記録用の変調方式を用いた場合も有効である。

【0145】さらにまた、マーク長変調方式がEFM変調方式であり、記録時の線速度をCDの基準線速度1.2 m/s $\sim$ 1.4 m/sの10倍速以上と非常に高速として、記録線密度を一定としながら記録を行う場合である。さらにまた、マーク長変調方式をEFM+変調方式という高密度記録用の方式とし、かつ、記録時の線速度をDVDの基準線速度3.49 m/sの2倍速以上の高速として、記録線密度を一定としながら記録を行う場合である。

【0146】次に、マーク長変調信号の品質について図を用いて説明する。図5は、CD-RWをはじめとするCDファミリーで用いられるEFM変調信号の再生波形(アイパターン)の模式図である。EFM変調では3Tから11Tの長さの記録マーク長及びマーク間長をとりうるが、アイパターンには3Tから11Tのすべての非晶質マークの再生波形が実質的にランダムに含まれている。なお、EFM+変調では、これにさらに14Tのマーク長及びマーク間長が含まれる。

【0147】アイパターンの上端 $I_{top}$ を反射率に換算したものが反射率の上端値 $R_{top}$ であり、アイパターンの振幅(實際上11Tマークの振幅) $I_{11}$ を $I_{top}$ で規

格化たものが下記式で表される記録信号の変調度 $m_{11}$ である。

$$m_{11} = I_{11} / I_{top} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$m_{11}$ は40%以上80%以下とするのが好ましいが、特に下限値40%以上とすることがより重要である。信号振幅は大きいほうが好ましいが、大きすぎると信号再生系のアンプのゲインが極端に飽和してしまうため $m_{11}$ 上限は80%程度である。一方、小さすぎると信号体雑音

$$Asym = (I_{slice} / I_{11} - 1/2) (\%) \quad (2)$$

で定義されるアシンメトリー値 $Asym$ は、できるだけ0付近にあることが望ましい。

【0151】さらに再生信号の各マーク及びマーク間(スペース)のジッタが基準クロック周期 $T$ のおおむね10%以下であり、かつマーク長及びマーク間がほぼ $nT \times V$ ( $T$ はデータの基準クロック周期、 $n$ は3~11までの整数、 $V$ は再生時の線速度)の長さを有するのが好ましい。これにより、通常の市販のCD-ROMドライブで低エラーレートで再生できることを意味する。一方、EFM+変調方式を用いた記録可能なDVD媒体では、 $I_{11}$ を14Tマークの振幅 $I_{14}$ に置き換えて(1)式及び(2)式を定義する。また、ジッタは、アナログ再生信号をイコライザを通して2値化した後の、いわゆるエッジ・トゥ・クロックジッタとして測定する。この場合、ジッタの値はクロック周期の13%以下、特に9%以下とするのが好ましい。

【0152】次に、上記光記録方法を用いる際に好ましい光記録媒体について述べる。本発明による記録を行う光記録媒体としては、色素系有機記録媒体、光磁気記録媒体、相変化型記録媒体等各種の記録方式の媒体が採用できる。また、ライトワンス型及び書き換え型いずれの媒体にも採用できる。これらの中で特に顕著な効果が得られるのは、相変化型記録媒体、特に結晶状態を未記録状態として非晶質マークをオーバーライトする書き換え型相変化型記録媒体である。

【0153】中でも、結晶化が結晶領域と熔融領域の境界面から始まるタイプの記録層材料が好ましい。このような、好ましい相変化媒体としては、SbTe共晶組成にさらに過剰のSbを含有する記録層を有するものが挙げられる。特に好ましくは、 $Sb_{70}Te_{30}$ 共晶点組成を基本として過剰のSbを含み更にGeを含む組成である。この場合、特にSb/Te比は4以上とするのが好ましく、またGe量は10原子%以下とするのが好ましい。具体的な記録層としては、 $M_zGe_y(Sb_xTe_{1-x})_{1-y-z}$ 合金(ただし、 $0 \leq z \leq 0.1$ 、 $0 < y \leq 0.3$ 、 $0.8 \leq x$ 。Mは、In、Ga、Si、Sn、Pb、Pd、Pt、Zn、Au、Ag、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Co、Mo、Mn、Bi、O、N、Sから選ばれる少なくとも一種)組成を有する記録層を有するものが挙げられる。

【0154】上記組成は、本合金は前述のように、Sb

【0148】

【数22】

比(SN比)が低下してしまうため、下限は40%程度である。

【0149】さらに、下記式

【0150】

【数23】

$_{70}Te_{30}$ 共晶点に過剰のSbを含む2元合金が、経時安定性やジッタの改善のためにGeを含有し、さらなるジッタの低減、線速依存性の改善、光学特性の改善等のためにMで示される一群の元素のうち少なくとも1種を含有したものである。或いは、Te量が0近傍の組成は、 $Ge_{15}Sb_{85}$ 共晶点近傍組成にTeもしくはM元素を添加した系ともみなすこともできる。

【0155】上記組成において、Geは過剰Sbによる高速結晶化機能を損ねることなく、非晶質マークの経時安定性を高める作用を有する。結晶化温度を高めるとともに、結晶化の活性化エネルギーを高める効果があると考えられる。即ち、SbTe共晶組成をベースとした上記のようなGeSbTeを主成分とする合金記録層は、Geの存在により結晶核生成を抑制したまま、Sb/Te比を高めることで結晶成長速度を速めることができる。一般に、結晶核生成は、結晶成長よりも低温で進行するため、非晶質マークを形成する際の該マークの室温付近での保存安定性にとっては好ましくない傾向にある。上記GeSbTeを主成分とする合金記録層は、融点近傍での結晶成長が選択的に促進されているため、短時間での消去が可能であると共に、室温での非晶質マークの安定性に優れる。その点において、上記合金記録層は、特に高線速記録に適している。上記組成における元素MとしてはInやGa、特にInがジッタ低減、対応線速マージンを拡大するのに効果が有る。より好ましい相変化媒体の記録層の組成は、 $A^1_aA^2_bGe_c(Sb_dTe_{1-d})_{1-a-b-c}$ 合金(ただし、 $0 \leq a \leq 0.1$ 、 $0 < b \leq 0.1$ 、 $0.02 < c \leq 0.3$ 、 $0.8 \leq d$ 。A<sup>1</sup>はZn、Pd、Pt、V、Nb、Ta、Cr、Co、Si、Sn、Pb、Bi、N、O、Sから選ばれる少なくとも一種。A<sup>2</sup>はIn及び/又はGa)である。

【0156】これらの組成は従来のGeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似2元合金の近傍の組成に比べ、未記録あるいは消去状態の多結晶状態において、個々の微細結晶粒の反射率の面方位依存性が小さく、ノイズを低減できる点で好ましい。また、上記のSb/Te比が80/20より高いSbTe系組成は、特にCD線速の12倍速(約14m/s)以上やDVD線速の4倍速(約14m/s)以上のような高線速において高速消去が可能である点で優れている。

【0157】一方で、この組成は、本発明において克服

すべき、基準クロック周期が25 ns以下のような小さい場合の問題点が特に大きい。その理由は下記のとおりである。上記組成における非晶質マークの消去は、実質的に、非晶質マーク周辺の結晶領域との境界からの結晶成長のみで支配されており、非晶質マーク内の結晶核生成と該結晶核からの結晶成長過程とは、殆ど再結晶化過程に寄与していない。線速度が高くなると（例えば線速度10 m/s以上）、消去パワー $P_e$ が照射される時間が短くなるため、結晶成長に必要な融点近傍の高温に保たれる時間が極めて短くなる。上記組成においては、非晶質マーク周辺領域からの結晶成長を促進させるためには、Sbの含有量を増やせばよいが、その一方で、Sb含有量の増加は、熔融された領域の再凝固時の結晶成長速度をも増加させてしまう。従って、高線速記録において短時間で非晶質マークの消去を確実にするために、Sb含有量を増やすと、良好な非晶質マークの形成が困難になってしまう。即ち、非晶質マーク周辺からの再結晶化速度をある程度以上増加させると、一方で、非晶質マーク記録のために形成した熔融領域の再凝固時に熔融領域周辺部からの再結晶化も増加してしまうのである。

【0158】このように、上記組成においては、高線速記録に対応して高速消去しようとする、非晶質マークの形成が困難になるというジレンマがある。これに加え、高線速度になると、クロック周期が短縮されるので、それに伴いオフパルス区間も短くなって冷却効果が損なわれるので、上記ジレンマは特に顕著となる。なお、このような上記組成における問題は、従来一般に使用されてきたGeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似2元合金系組成では、相対的にそれほど大きくないと考えられる。GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似2元合金系組成においては、非晶質マークの消去は非晶質マーク内の結晶核の生成が中心で、結晶成長はあまり寄与していない。また、結晶核の生成は結晶成長よりも低い温度で盛んとなる。従って、上記GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似2元合金系組成においては、多数の結晶核を生成することで、結晶成長が比較的遅くても再結晶化を達成できるのである。しかも、再凝固時に融点以下に低下する過程では、結晶核生成が起きない上に、結晶成長速度も比較的小さいので、比較的小さな臨界冷却速度で非晶質化しやすいのである。

【0159】上記のような、SbTe共晶組成に過剰のSbを含有する組成、特にさらにGeを含有する組成の記録層は、結晶状態において、相分離を伴わない、実質的に単一相からなる結晶状態であるのが好ましい。上記結晶状態は、スパッタ等による製膜初期に得られる非晶質状態の記録層を加熱し結晶化する初期化操作を行うことで得ることができる。実質的に単一相であるとは、単一の結晶相からなっているだけでなく、複数の結晶相からなっていることもよいが、複数の結晶相からなる場合、格子不整合を有しないのが好ましい。単一の結晶層からなる場合は、結晶相は同じで配向面のみが異なる多結晶層であ

ってもよい。

【0160】このような実質的に単一相からなる記録層では、ノイズを減少させる、保存安定性が向上する、高速での結晶化が容易である等、特性を向上させることができる。これは、Sb<sub>7</sub>Te、Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>等で知られる、六方晶構造を有する結晶相やSb等の立方晶ではあるが格子定数が大きく異なる結晶相、AgSbTe<sub>2</sub>等に対して知られる面心立方晶、さらには、その他の空間群に属する他の結晶相が混在する場合、格子不整合の大きな結晶粒界が形成される結果、マークの周辺形状が乱れたり、光学的なノイズが発生したりすると考えられるのに対し、単一相からなる場合には、このような結晶粒界が生じないためと考えられる。

【0161】記録層の結晶相の形態は、記録層の初期化方法に大きく依存する。即ち、本発明において好ましい上記結晶相を形成させるためには、記録層の初期化方法を下記のように工夫するのが好ましい。記録層は通常スパッタ法等の真空中の物理蒸着法で成膜されるが、成膜直後のas-deposited状態では、通常非晶質であるため、通常はこれを結晶化させて未記録消去状態とする。この操作を初期化と称する。初期化操作としては、例えば、結晶化温度（通常150～300℃）以上融点以下での固相でのオープンアニールや、レーザー光やフラッシュランプ光などの光エネルギー照射でのアニール、熔融初期化などの方法が挙げられるが、上記好ましい結晶状態の記録層を得るためには、熔融初期化が好ましい。固相でのアニールの場合は、熱平衡を達成するための時間的余裕があるために、他の結晶相が形成されやすい。

【0162】熔融初期化においては、記録層を熔融させて再凝固時に直接再結晶化させてもよく、また、再凝固時にいったん非晶質状態とした後、融点近傍で固相再結晶化させてもよい。この際、結晶化の速度が遅すぎると熱平衡を達成するための時間的余裕があるために他の結晶相が形成されることがあるので、ある程度冷却速度を速めるのが好ましい。

【0163】例えば、融点以上に保持する時間は、通常2 μs以下、好ましくは1 μs以下とすることが好ましい。また、熔融初期化には、レーザー光を用いるのが好ましく、特に、走査方向にほぼ平行に短軸を有する楕円型のレーザー光を用いて初期化を行う（以下この初期化方法を「バルクイレース」と称することがある）のが好ましい。この場合、長軸の長さは、通常10～1000 μmであり、短軸の長さは、通常0.1～10 μmである。なお、ここでいうビームの長軸及び短軸の長さは、ビーム内の光エネルギー強度分布を測定した場合の半値幅から定義される。走査速度は、通常3～10 m/s程度である。あるいは、少なくとも本発明相変化媒体のオーバーライト記録可能な最高使用線速度より高い速度で走査した場合、初期化走査で一旦熔融した領域が非晶質化し



てしまうことがある。また、概ね最高使用線速度より30%以上低い速度で走査すると相分離が生じて単一相が得られにくい。特に、最高使用線速度の50~80%の走査速度が好ましい。なお、最高使用線速度そのものは、その線速度でPeを照射したときに、消去が完全に行われるような線速度の上限として定まる。

【0164】レーザ光源としては、半導体レーザ、ガスレーザ等各種のものが使用できる。レーザ光のパワーは通常100mWから2W程度である。バルクイレーズによる初期化の際、例えば円盤状の記録媒体を使用した際、楕円ビームの短軸方向をほぼ円周方向と一致させ、円盤を回転させて短軸方向に走査するとともに、1周(1回転)ごとに長軸(半径)方向に移動させて、全面の初期化を行うことができる。1回転あたりの半径方向の移動距離は、ビーム長軸より短くしてオーバーラップさせ、同一半径が複数回レーザ光ビームで照射されるようにするのが好ましい。その結果、確実な初期化が可能となると共に、ビーム半径方向のエネルギー分布(通常10~20%)に由来する初期化状態の不均一を回避することができる。一方、移動量が小さすぎると、かえって前記他の好ましくない結晶相が形成されやすいので、通常半径方向の移動量は、通常ビーム長軸の1/2以上とする。

【0165】溶融初期化の際、2本のレーザビームを使用し、先行するビームで一旦記録層を溶融させ、後続する2番目のビームで再結晶化を行うことによって溶融初期化を行うこともできる。ここで、各々のビーム間の距離が長ければ、先行ビームで溶融された領域は、いったん固化してから、2番目のビームで再結晶化される。溶融再結晶化を行ったかどうかは、実際の直径1μm程度の記録光で非晶質マークのオーバーライトを行った後の消去状態の反射率R1と、初期化後の未記録状態の反射率R2が実質的に等しいかどうかで判断できる。ここでR1の測定は、非晶質マークが断続的に記録されるような信号パターンを用いた場合、複数回のオーバーライト、通常は5から100回程度のオーバーライト後に行う。こうすることで、一回の記録だけでは未記録状態のまま残りうるマーク間の反射率の影響を除去する。

【0166】上記消去状態は、必ずしも記録用集束レーザ光を実際の記録パルス発生方法に従って変調しなくても、記録パワーを直流的に照射して記録層を溶融せしめ、再凝固させることによって得られる。本発明の記録用媒体の場合、R1とR2の差は小さい方が好ましい。具体的には、R1とR2とで定義される下記値が10(%)以下、特に5(%)以下となるようにするのが好ましい。

【0167】

【数24】

$$2|R1-R2|/(R1+R2) \times 100(\%)$$

例えば、R1が17%程度の相変化媒体では、概ねR2

が16~18%の範囲にあればよい。

【0168】かかる初期化状態を達成するためには、概ね実際の記録条件と等しい熱履歴を初期化によって与えるのが好ましいこのような初期化方法で得られた単一結晶相は、Sb/Te比が4.5程度より大きな場合には、概ね六方晶となりやすく、4.5より小さい場合は面心立方晶となりやすいが、必ずしもSb/Te比だけに依存するものではない。特に、CD線速の16倍速以上、DVD線速の4倍速以上の記録では、六方晶の単一相からなる多結晶とするのが好ましい。本発明の相変化媒体は、通常、基板上に、下部保護層、相変化型記録層、上部保護層、反射層を設ける。中でも、いわゆる急冷構造として、記録層の膜厚を10~30nmとし、上部保護層の膜厚を15~50nmとし、かつ、反射層の膜厚を30~300nmとしたものが好ましい。なお、本発明の記録方法を上記の光記録媒体に適用する際には、全ての記録マークの時間的長さについてn/mは1.5以上とすることが好ましい。更に、n/mは1.8以上であるとより好ましい。n/mの上限は、通常4程度、好ましくは3程度とするが、記録パワーPwやバイアスパワーPbなど他の条件にもより変化する。基本的には、冷却に十分な所定の時間的長さが得られる範囲であればよい。

【0169】なお、ライトランス型の媒体に本発明の光記録方法を用いる場合は、Pe=Pb=Pr(Prは再生光パワー)とすればよい。Pe>Prとして余熱効果を付与することもできる。また、本発明の記録方法は、記録媒体の層構成や光入射方式にも依存せず、基板/保護層/記録層/保護層/反射層という層構成で基板を介して記録再生用レーザ光ビームを入射する場合のみならず、基板/反射層/保護層/記録層/保護層という層構成で、基板とは反対側から記録再生用レーザ光ビームを入射する、いわゆる膜面入射タイプの光記録媒体にも利用できる。さらには、これらを組み合わせて記録層を多層化したような場合にも適用可能である。

【0170】反射層は、放熱を促進し、冷却速度を高める機能を有するため、本発明の記録媒体においては、その選択が重要である。具体的には、本発明においては、高い放熱効果を有する反射層を用いるのが好ましい。反射層の熱伝導率はその体積抵抗率におおむね反比例すると考えられる一方で、反射層による放熱効果は膜厚に比例するので、結局反射層の放熱効果は概ね面積抵抗率に反比例すると考えられる。そこで、本発明においては、面積抵抗率0.5Ω/□以下、特に0.4Ω/□以下の反射層を使用するのが好ましい。また、体積抵抗率としては、20nΩ・m以上100nΩ・m以下程度が好ましい。体積抵抗率が小さすぎる材料は実用上得難い。一方、体積抵抗率が大きすぎると、放熱効果が不十分となる傾向にあるばかりでなく、記録感度が低下する傾向にある。

【0171】反射層材料としては、アルミニウム、銀、及びこれらを主成分とする合金を挙げることができる。反射層に使用できるアルミニウム合金としては、AlにTa、Ti、Co、Cr、Si、Sc、Hf、Pd、Pt、Mg、Zr、Mo及びMnからなる群から選ばれた少なくとも一種の添加元素を含有するAl合金が挙げられる。上記添加元素の含有量は、通常0.2原子%以上1原子%以下である。含有量が少なすぎると、耐ヒロック性は不十分になる傾向にあり、多すぎると、放熱効果が不十分になる傾向にある。

【0172】反射層に使用できる銀合金としては、AgにTi、V、Ta、Nb、W、Co、Cr、Si、Ge、Sn、Sc、Hf、Pd、Rh、Au、Pt、Mg、Zr、Mo及びMnからなる群から選ばれた少なくとも一種の添加元素を含有するAg合金が挙げられる。添加元素としては、経時安定性を高める点でTi、Mg、Pd及びCuからなる群から選ばれた少なくとも一種の金属元素が好ましい。上記添加元素の含有量は、通常0.2原子%以上3原子%以下である。含有量が少なすぎると、耐腐食性は不十分になる傾向にあり、多すぎると、放熱効果が不十分になる傾向にある。

【0173】なお、Al合金への添加元素の含有量やAg合金への添加元素の含有量にほぼ比例して、体積抵抗率は増加する。反射層は通常スパッタ法や真空蒸着法で形成されるが、成膜時に混入する水分や酸素量も含めて反射層中の全不純物量は2原子%以下とするのが好ましいので、製膜時に使用するプロセスチャンバの到達真空度は $1 \times 10^{-3}$  Pa以下とすることが好ましい。また、不純物の混入量を低減するには、成膜レートを1 nm/秒以上、特に10 nm/秒以上とするのが好ましい。なお、不純物の混入量は、スパッタに用いる合金ターゲットの製法やスパッタガス（例えばAr、Ne、及びXe等の希ガスが挙げられる）にも依存する。

【0174】反射層の放熱効果を高めるためには、反射層材料はできるだけアルミニウムや銀のみで構成するのが好ましい。放熱効果や媒体の信頼性を高めるため反射層を多層化することもできる。例えば、放熱効果が大きい銀を主体とする反射層を用い、該反射層と記録層との間に硫黄を含有する保護層を設けた場合、銀と硫黄との影響で、繰り返しオーバーライト特性や、高温高湿の加速試験環境下での耐食性に問題が生じることがあるため、これら2つの層の間に例えばアルミニウムを主体とする合金からなる界面層を設けて、アルミニウム層と銀層の2層の反射層とすることができる。この場合の界面層の厚さは、通常5 nm以上100 nm以下程度、好ましくは5 nm以上50 nm以下である。界面層が薄すぎると保護効果が不十分となる傾向にあり、厚すぎると放熱効果が悪化する傾向にある。

【0175】なお、反射層を多層化することは、所望の膜厚で所望の面積抵抗率を得るためにも有効である。

【0176】

【実施例】以下実施例により本発明を具体的に説明するが、本発明は実施例に限定されるものではなく、その要旨を超えない限り適用可能である。

実施例1

1. 2 mm厚でトラッキング用の溝（トラックピッチ1.6  $\mu$ m、溝幅約0.53  $\mu$ m、溝深さ約37 nm）を形成したポリカーボネイト基板上に $(ZnS)_{80}(SiO_2)_{20}$ 保護層を70 nm、 $Ge_5Sb_{77}Te_{18}$ 記録層を17 nm、 $(ZnS)_{85}(SiO_2)_{15}$ 保護層を40 nm、 $Al_{99.5}Ta_{0.5}$ 合金を220 nm、それぞれ真空チャンバー内でスパッタにより成膜した。その上に紫外線硬化型保護コートを4  $\mu$ m塗布し硬化して、相変化型の書き換え型光ディスクを作製した。

【0177】このディスクを、レーザー波長810 nm、ビーム径約108  $\mu$ m $\times$ 1.5  $\mu$ mのバルクイレーザで420 mWのパワーで初期結晶化を行い、さらに、レーザー波長780 nm、ピックアップの開口数NAが0.55の評価装置で、サーボをかけて、溝と溝間とを1回ずつ9.5 mWのDC光で結晶化させ、結晶レベルのノイズを減らす作業を行った。

【0178】その後、このディスクに対して、レーザー波長780 nm、ピックアップの開口数NA0.55の評価装置にて、線速12 m/s（CDの10倍速）、基本クロック周波数43.1 MHz、基準クロック周期T23.1ナノ秒の条件で溝内にEFM変調ランダムパターンのオーバーライトを試みた。EFM変調方式では3Tから11Tまでの時間的長さをもつマークを使用するが、これらマーク時間長の異なるマークをランダムに発生させたパターンがEFM変調ランダムパターンである。

【0179】これらパターンを、前述の分割方式例3（ $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ に対して $m=1, 2, 2, 3, 3, 4, 5, 5, 5$ のように分割する。）のパルス分割方式を用いて、記録パワー $P_w=18$  mW、消去パワー $P_e=9$  mW、バイアスパワー $P_b=$ 再生パワー $P_r=0.8$  mWとしてオーバーライト記録を行った。本パルス分割方式は、図1のパルス発生回路を若干変更することで実現できた。

【0180】再生は2.4 m/s（CDの2倍速）で行い、再生信号は2 kHzの高周波通過フィルターを通した後、信号振幅の中心を閾値としてDCスライスして読みとった。オーバーライトを行なうに当たり、まず、3Tから11Tの各マーク時間長でのパルス分割方式の最適化をあらかじめ行った。具体的には先頭記録パルス区間 $\alpha_1$  T、最後尾オフパルス区間 $\beta_0$  Tを最適化した。

【0181】例として、11Tマーク（2倍速換算で1.27マイクロ秒）を5分割して、各記録パルス幅、オフパルス幅を決めた場合を示す。図6(a)に示すパルス分割方式を用い、 $\alpha_1$ のみを変化させて記録した。

線速2.4 m/sにおける再生マーク時間長の $\alpha_1$ 依存性を図7に示す。 $\alpha_1 = 1.0$ で、マーク時間長1.28マイクロ秒と最も好適であった。なお、理論値は1.27マイクロ秒である。

【0182】同様に、図6(b)に示すパルス分割方式を用い、 $\beta_m$  ( $m=5$ )依存性を測定した。CD線速の2倍速に対応する線速2.4 m/sにおける再生マーク時間長の $\beta_m$ 依存性を図8に示す。 $\beta_m = \beta_5 = 1.0$ でマーク時間長1.35マイクロ秒であった。このような実験を各マーク時間長のマークに対して行い、先頭記録パルス $\alpha_1$ と最後尾オフパルス $\beta_5$ を特に最適化した、図9に示すパルス分割方式を決定した。なお、8T~11Tマークの長マークについては一律に $\alpha_1 = 1.0$ 、 $\beta_m = 1.0$ とした。

【0183】最適化後、図9に示すパルス分割方式を用いて、結晶領域に非晶質マークをオーバーライト記録した。この時の、各nTマークの入力信号に対して、再生信号のマーク時間長を測定した結果を図10に示す。マーク長の変化が直線的であり、しかも、再生されたマーク長のずれは、3T~11Tの各マークを正確に区別して検出することができる範囲内にあった。そして、このときのジッタ値は低く、2倍速再生におけるCD規格のジッタ上限値17.5ナノ秒を十分下回り、また変調度も0.6以上となるなど好ましい記録信号を得ることができた。なお、図中、マーク長とあるのはマーク時間長、スペース長とあるのはスペース時間長のことである。

【0184】次に、図9に示すパルス分割方式を用いて、EFMランダム信号のオーバーライトを行なった。ランダム信号の生成には、ソニーエレクトロニクス社製のAWG520を用いた。この際、マーク長毎にパルス分割の最適化を行なった。その結果、ランダム信号を発生させても所望のマーク長と、2倍速再生で17.5 ns以下の良好なマーク長ジッタ及びマーク間ジッタとが得られた。

【0185】なお、ランダムパターンを記録した場合、nTマークは、複数の非晶質部分に分割されることなく、連続的な非晶質マークとして形成されていることを透過電子顕微鏡で確認した。

#### 実施例2

1.2 mm厚でトラッキング用の溝(トラックピッチ1.6  $\mu\text{m}$ 、溝幅約0.53  $\mu\text{m}$ 、溝深さ約37 nm)を形成したポリカーボネイト基板上に $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 保護層を70 nm、 $\text{Ge}_{79}\text{Sb}_{14}\text{Te}_{7}$ 記録層を17 nm、 $(\text{ZnS})_{85}(\text{SiO}_2)_{15}$ 保護層を40 nm、 $\text{Al}_{99.5}\text{Ta}_{0.5}$ 合金を220 nm、それぞれ真空チャンバー内でスパッタにより成膜した。その上に紫外線硬化型保護コート(4  $\mu\text{m}$ 塗布し硬化して光ディスクを作製した。

【0186】このディスクを、レーザー波長810 nm、

m、ビーム径約108  $\mu\text{m} \times 1.5 \mu\text{m}$ のバルクイレーザで420 mWのパワーで初期結晶化を行い、さらに、レーザー波長780 nm、ピックアップの開口数NAが0.55の評価装置で、サーボをかけて、溝と溝間とを1回ずつ9.5 mWのDC光で結晶化させ、結晶レベルのノイズを減らす作業を行った。

【0187】その後、このディスクに対して、レーザー波長780 nm、ピックアップの開口数NA0.55の評価装置にて、線速19.2 m/s(CDの16倍速)、基本クロック周波数69.1 MHz、 $T=14.5$ ナノ秒の条件で図6(c)に示すパルス分割方式を用いて溝内に時間的長さ11Tの非晶質マークを記録した。記録パワー $P_w=18$  mW、消去パワー $P_e=9$  mW、バイアスパワー $P_b$ =再生パワー $P_r=0.8$  mWとしてオーバーライト記録を行った。

【0188】再生は2.4 m/s(CDの2倍速)で行い、再生信号は2 kHzの高周波通過フィルターを通した後、信号振幅の中心を閾値としてDCスライスして読みとった。その結果、マークジッタは13.1ナノ秒、スペースジッタは13.2ナノ秒であり、CD規格の上限値17.5ナノ秒を十分に下回った。

【0189】また、実施例1と同様にしてEFM変調ランダムパターンを記録し再生したが、これも良好な結果が得られた。

#### 比較例1

実施例2で作製したディスクに対して、レーザー波長780 nm、ピックアップの開口数NA0.55の評価装置にて、線速19.2 m/s(CDの16倍速)、基本クロック周波数69.1 MHz、 $T=14.5$ ナノ秒の条件で図11に示す、現行CD-RWのn-k分割方式( $m=n-k$ ,  $k=1$ ,  $n/m$ の最小値は1.1)を用いて時間的長さ11Tの非晶質マークと11Tのスペースを交互に記録した。

【0190】記録パワー $P_w=18$  mW、消去パワー $P_e=9$  mW、バイアスパワー $P_b$ =再生パワー $P_r=0.8$  mWとしてオーバーライト記録を行った。しかしながら、線速2.4 m/sで信号を再生すると、再生信号のマーク中央部に相当する部分で反射率が落ちきらず、マークを観察したところマーク中央部がかなり再結晶化していた。ジッタは17.5ナノ秒を大幅に越え測定不能なレベルであった。再結晶化を抑制するために、n-1分割方式のまま各記録パルス幅をより細くしたが、記録レーザー光の変調が追いつかず、記録パワー $P_w$ の増大をもたらすだけで、冷却効果の改善は全く見られなかった。

#### 実施例3

1.2 mm厚でトラックピッチ1.6  $\mu\text{m}$ 、溝幅約0.53  $\mu\text{m}$ 、溝深さ約37 nmのトラッキング用の溝を形成したポリカーボネイト樹脂基板上に $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 保護層を70 nm、 $\text{Ge}_{79}\text{Sb}_{14}\text{Te}_{7}$ 記



録層を17nm、 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 保護層を45nm、 $\text{Al}_{99.5}\text{Ta}_{0.5}$ 合金反射層を220nm（体積抵抗率約100nΩ・m、面積抵抗率0.45Ω/□）、真空チャンバー内でスパッタ法により成膜した。その上に紫外線硬化樹脂保護層を約4μm形成した。該トラッキング用の案内溝には周波数22.05kHzの搬送波に対して±1kHzで周波数(FM)変調された、振幅(peak-to-peak)30nmの溝蛇行が付与されており、いわゆるATIPにより、螺旋状の溝にそってアドレス情報が付与されている。

【0191】実施例1及び2と同様に、本ディスクをレーザー波長約810nm、ビームの長軸約108μm×短軸約1.5μmの楕円形の集束光を長軸が半径方向にそろうように配置して、線速3~6m/sで操作し、400~600mWのパワーを照射して初期化を行った。さらに、780nm、ピックアップの開口数NA=0.55の評価装置で、サーボをかけて溝と溝間部を1回ずつ9.5mWのDC光で結晶化させ、結晶化レベルのノイズを減らす作業を行った。

【0192】記録再生評価には、パルステックDDU1000（波長780nm、NA=0.55）を用い、溝内に記録再生を行った。記録時の線速度如何にかかわらず、再生は2倍速にて行った。この場合のCDフォーマットとしてのジッタの許容値は17.5ナノ秒である。ゲート信号発生用の信号源として任意波形信号源ソニエレクトロニクス社製AWG520を用いた。

【0193】まず、CD線速の16倍速(19.2m/s)で記録を行った。この際基準クロック周期Tは14.5ナノ秒である。

(1) まず、図14に示す分割記録パルスを用い中間パルス群の最適条件を検討した。記録パワー $P_{w_i}$ は一定で20mW、バイアスパワー $P_{b_i}$ も一定で0.8mWとし、マーク間の消去パワー $P_e$ は10mWとした。

【0194】まず、図14(a)のように、 $\alpha_i = 1$ で一定とした分割記録パルスで、 $\beta_i$ を $\beta_c$ (一定値)として、これを変化させて非晶質マーク形成へのオフパルス区間長依存性を調べた。オフパルス区間がおよそ1Tより短い場合には、図3(d)に示すようなマーク前端的再結晶化により、マーク前端的の信号振幅が低下しており、後端でも、まだ振幅が低めであった。マーク長全体での最大振幅を消去レベルの信号強度で除した値(×100%)を変調度と定義し、変調度のオフパルス区間依存性を図15(a)に示した。オフパルス区間が短いと、前述の波形ひずみの影響(非晶質マーク形成不良)のため、変長度が低下していることが分かる。オフパルス区間が1Tを超えたところでようやく変調度が飽和して、歪みのない方形波に近い波形が得られた。

【0195】次に、図14(b)に示すような分割記録パルスで、オフパルス区間を1.5Tで一定として、変調度の記録パルス区間依存性を検討した。図14(b)

において、 $\alpha_i$ は $\alpha_c$ (一定値)として一律に変化させた。図15(b)に変調度の $\alpha_c$ 依存性を示した。 $\alpha_c = 1 \sim 1.5$ 程度ではほぼ飽和して変調度が得られていることが分かる。

【0196】(2) そこで、次に、中間パルス群は $\alpha_i = 1$ 、 $\beta_i = 1.5$ で固定して、先頭周期、最後尾の周期の制御により、マーク長及びマーク端の特性を制御することを図16の分割記録パルスを使用して検討した。図16において最後尾に0.5Tの記録パルス区間を1個追加したのは、マーク長を正確に11Tに近づけるためである。こうして、マーク長とマーク間長がともに11Tになり、良好なジッタが得られる条件を探した。元になる波形は11Tマークと11Tマーク間の繰り返しパターンで、11Tマークの前端に同期して、先頭記録パルスが立ち上がるものとした。ここで、2倍速再生しているので、ジッタの許容値の上限は17.5ナノ秒(ns)であり、11Tは約1.27マイクロ秒(μs)に相当する。図17、18及び19には、これらの値が点線で表記されている。

【0197】図16(a)のような分割記録パルスを用いて、先頭の記録パルス $\alpha_1$ 長依存性を調べた。図17(a)及び(b)はそれぞれマーク長とマーク間長の $\alpha_1$ 依存性、マークとマーク間ジッタの $\alpha_1$ 依存性である。図17(b)より、まず、ジッタを17.5ナノ秒以下にできる $\alpha_1$ として0.8~1.8が適当であることが分かる。

【0198】図17(b)ではマーク長とマーク間長は所望の11Tが得られていないので、次に $\alpha_1 = 1$ として、図16(b)に示すような分割記録パルスを用いて、先頭オフパルス $\beta_1$ T長依存性を検討した。図18(a)及び(b)はそれぞれマーク長とマーク間長の $\beta_1$ 依存性、マークとマーク間ジッタの $\beta_1$ 依存性である。 $\beta_1 = 1.3$ で、ほぼ所望のマーク長及びマーク間長が得られ、 $\beta_1 = 1 \sim 1.7$ の範囲で良好なジッタが得られていることが分かる。ここでは、 $\beta_1 = 1.5$ を選択する。

【0199】さらに、図16(c)に示すような分割記録パルスを用いて、 $\alpha_1 = 1$ 及び $\beta_1 = 1.5$ として、最後尾のオフパルス $\beta_m$ 長依存性を検討した。図19(a)及び(b)はそれぞれマーク長とマーク間長の $\beta_m$ 依存性、マークとマーク間ジッタの $\beta_m$ 依存性である。 $\beta_m = 0.7$ 近傍で所望のマーク長とマーク間長が得られ、 $\beta_m = 0 \sim 1.8$ の広い範囲で良好なジッタが得られていることが分かる。

【0200】以上より $\alpha_1 = 1$ 、 $\beta_1 = 1.5$ 、 $\beta_m = 0.8$ とすれば、所望の11Tマーク長と最小のジッタが得られることになる。

(3) 上記(1)及び(2)の結果を元に、 $\alpha_i = 1 \pm 0.5$ 、 $\beta_i = 1 \pm 0.5$ の範囲で、前記(分割記録パルス発生方法2)に基づいて、周期2Tをベースとし

たパルス分割方法を3T～11Tマーク長からなるEFM変調信号に対して試みた。具体的な各マーク長ごとのパルス分割方法は図20に示す通りである。

【0201】すなわち、 $n$ が偶数、つまりマーク長が $nT=2LT$ 、ただし、 $L$ は2以上の整数、のマークの記録に際して、 $m=L$ 個の区間に分割し、記録パワー $Pw_i$ を照射すべき記録パルス区間 $\alpha_i$ 及びバイアスパワー $Pb_i$ を照射すべき区間オフパルス区間 $\beta_i$ を

【0202】

【数25】 $\alpha_1 + \beta_1 = 2$

$\alpha_i + \beta_i = 2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$

$\alpha_m + \beta_m = 1.6$

なるように照射し、一方、 $n$ が奇数、つまりマーク長 $nT=(2L+1)T$ のマーク長記録の場合は、 $m=L$ 個に分割し、

【0203】

【数26】 $\alpha_1' + \beta_1' = 2.5$

$\alpha_i' + \beta_i' = 2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$

$\alpha_m' + \beta_m' = 2.1$

としている。つまり、 $2LT$ マークと $(2L+1)T$ マークで分割数は $m=L$ で同じであるが、先頭と最後尾の周期に0.5Tずつ差をつけることで区別している。

【0204】図20では、 $\alpha_1 T$ の $nT$ マーク前端に対する遅延 $T_{d1}=0$ としている。また、 $n \geq 4$ では、 $n$ によらず、中間記録パルス群は、 $\alpha_i = 0.8$ 、 $\beta_i = 1.2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$ で一定とした。さらに、 $n$ が偶数の場合には、 $\alpha_1 = 0.8$ 、 $\beta_1 = 1.2$ 、 $\alpha_m = 0.7$ 、 $\beta_m = 0.9$ であり、奇数の場合には $\alpha_1' = 1.0$ 、 $\beta_1' = 1.5$ 、 $\alpha_m' = 1.0$ 、 $\beta_m' = 1.1$ とした。3Tの場合のみ変則的で、 $\alpha_1 = 1.2$ 、 $\beta_1 = 1.5$ でちょうど3Tマーク長を得た。なお、図20では、記録パルス区間と、オフパルス区間を、それぞれ矩形波の上底及び下底として示している。具体的な区間長は、数字で記載されており、上底及び下底の長さ自体は、区間長に対応して表記されているわけではない。

【0205】記録パワー $Pw_i$ 、バイアスパワー $Pb_i$ は $i$ によらず一定で、 $Pw=20\text{mW}$ 、 $Pb=0.8\text{mW}$ とした。消去パワー $Pe$ は $10\text{mW}$ とした。9回オーバーライト後（初回記録を0回とみなす）の、各 $nT$ マーク及び $nT$ マーク間のマーク長及びマーク間長、さらにジッタを測定した。マーク長及びマーク間長の結果を図21(a)に、マーク及びマーク間のジッタを図21(b)に示した。マーク長及びマーク間長はほぼ正確に $nT$ になっており、ジッタもオーバーライトにより、初回記録に比べ2～3ナノ秒程度悪化するが、17.5ナノ秒以下に収まった。なお、オーバーライトではなく、一旦、消去パワー $Pe$ を直流的に照射して消去を行ったところ、さらに2ナノ秒程度ジッタが改善された。

【0206】(4) 同様の媒体に線速 $v$ とクロック周

期 $T$ の積が一定となるように、クロック周期を変化させて、CD10倍速でのオーバーライトを試みた。すなわち、この場合の基準クロック周期 $T$ は23.1ナノ秒である。 $n \geq 4$ においては、 $\alpha_i T \quad (1 \leq i \leq m)$ をほぼ一定となるように決めた。即ち、中間記録パルス群は、 $\alpha_i = 0.5$ 、 $\beta_i = 1.5 \quad (2 \leq i \leq m-1)$ で一定とした。

【0207】分割パルス方法は図22に示す通りである。即ち、 $n$ が偶数の場合には、 $\alpha_1 = 0.6$ 、 $\beta_1 = 1.4$ 、 $\alpha_m = 0.5$ 、 $\beta_m = 1.4$ であり、奇数の場合には $\alpha_i' = 0.6$ 、 $\beta_i' = 1.9$ 、 $\alpha_m' = 0.6$ 、 $\beta_m' = 1.8$ とした。3Tの場合のみ変則的で、 $\alpha_1 = 0.8$ 、 $\beta_1 = 2.4$ でちょうど3Tマーク長を得た。この分割記録パルスは、 $n=3$ の場合を除いて、概ね、図20で得られた記録パルス長を一定に保ったままクロック周期を、16/10倍（線速度に反比例）して変化させることに対応する。記録パワー $Pw_i$ 、バイアスパワー $Pb_i$ はやはり $i$ によらず一定で、16倍速時と同じく、 $Pw=20\text{mW}$ 、 $Pb=0.8\text{mW}$ とした。消去パワー $Pe$ も16倍速時と同じ10mWとした。

【0208】9回オーバーライト後（初回記録を0回とみなす）の、各 $nT$ マーク及び $nT$ マーク間のマーク長及びマーク間長、さらにジッタを測定した。マーク長及びマーク間長の結果を図23(a)に、マーク及びマーク間のジッタを図23(b)に示す。マーク長及びマーク間長はほぼ正確に $nT$ になっており、ジッタもオーバーライトにより、初回記録より2～3ナノ秒程度悪化するが、17.5ナノ秒以下に収まった。

【0209】なお、オーバーライトではなく、一旦、消去パワー $Pe$ を直流的に照射して消去を行ったところ、さらに2ナノ秒程度ジッタが改善された。(5) 同様の媒体に、11Tマーク用の分割記録パルスと11Tのマーク間長からなる繰り返しパターン（11Tパターン）と、3Tマーク用の分割記録パルスと3Tマーク間からなる繰り返しパターン（3Tパターン）とを用いてオーバーライトを行った。3Tパターンを9回オーバーライト後、10回目に11Tパターンをオーバーライトして、3T信号のキャリアレベルの低下率（dB単位）を消去比として測定した（オーバーライト消去比）。また、3Tは各線速で若干のずれが生じるが、基本的に3T、11Tとも図20の分割方式をベースに $\alpha_i T \quad (1 \leq i \leq m)$ がほぼ一定となるように変化させた。

【0210】線速と基準クロック周期との積を一定としたまま、線速を変化させて、それぞれで消去比を求めたところ、CD線速の10倍速、12倍速、16倍速及び18倍速で、オーバーライト消去比20dB以上が得られた。なお、ランダムパターンを記録した場合、 $nT$ マークは、複数の非品質部分に分割されることなく、連続的な非品質マークとして形成されていることを透過電子

顕微鏡で確認した。

【0211】なお、以上で使用したのと同様の記録層を初期化後の状態で剥離し、透過電子顕微鏡観察によって結晶性の確認を行ったところ、六方晶の単一相からなる多結晶であることがわかった。結晶相としては相分離は確認できず、単一相で、配向面が回転した多結晶構造であると推定される。さらにX線回折による検討も行ったところ、六方晶構造であることがわかった。

#### 実施例4

0.6mm厚でトラックピッチ0.74 $\mu$ m、溝幅約0.27 $\mu$ m、溝深さ約30nmのトラッキング用の溝を形成したポリカーボネート樹脂基板上に(ZnS)<sub>80</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>20</sub>保護層を68nm、Ge<sub>5</sub>Sb<sub>77</sub>Te<sub>18</sub>記録層を14nm、(ZnS)<sub>80</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>20</sub>保護層を25nm、Al<sub>99.5</sub>Ta<sub>0.5</sub>合金反射層を200nm(体積抵抗率約100n $\Omega$ ・m、面積抵抗率0.5 $\Omega$ /□)、真空チャンバー内でスパッタ法により成膜した。その上にスピコートによって約4 $\mu$ mの紫外線硬化樹脂層を設けた。これに、もう一枚同じ層構成を有する厚さ0.6mmの基板を貼り合わせて相変化型ディスクとした。

【0212】得られたディスクに対して、実施例3と同様に、レーザー波長約810nm、ビームの長軸約108 $\mu$ m×短軸約1.5 $\mu$ mの楕円形の集束光ビームを長軸が半径方向にそろうように配置して、線速3~6m/sで走査し、400~600mWのパワーを照射して初期化を行った。さらに、波長約660nm、ピックアップの開口数NA=0.65の評価装置で、トラッキング及びフォーカスサーボをかけて溝部に1回ずつ約6mWのDC光を4m/sで走査させて、結晶化レベルのノイズを減らす作業を行った。

【0213】記録再生評価には、パルステックDDU1000(波長約660nm, NA=0.65)を用い、溝内に記録再生を行った。ゲート信号発生用の信号源として任意波形信号源ソニーテクトロニクス社製AWG610を用いた。この場合、3Tマークの長さが0.4 $\mu$ mであり、DVD(3.5m/sで、26.16MHz)と同じ記録密度となるように、各線速度におけるクロック周期を設定した。

【0214】まず、記録時の線速をDVDの4.8倍速に相当する16.8m/s(クロック周波数125.93MHz、クロック周期7.9nsec)として、図25に示すような簡単な波形で14T区間を分割して中間分割記録パルスについて検討した。マーク間は14Tとした。記録パワーPw=15mW、消去パワーPe=5mW、バイアスパワーPb=0.5mWで一定とした。記録パワー照射区間をTw、バイアスパワー照射区間をTbとし、Tw+Tb=1Tとして、14周期のPwとPbを照射した場合(図25(a))と、Tw+Tb=2Tとして、7周期のPwとPbを照射した場合(図2

5(b))の2つの場合につき、再生信号の記録マーク部分の変調度のTwのTに対する比(Tw/T)依存性を評価した。2T周期のTw/Tが1.0の場合で、ほぼ歪みのない方形波に近い信号が得られ、変調度も最大となった。0.5未満では歪んだ波形が得られており、記録パワー照射区間が不十分なため、温度上昇が不足していると考えられる。逆に、Tw/Tが1.0以上の範囲では、Twの増加に伴い、変調度が低下している。これは、冷却時間が不足して再結晶化により非晶質化が阻害されたためと考えられる。さらに、Tw/Tが1.5を越えると、変調度は5%よりも小さくなり、歪んだ波形となった(図示せず)。一方、1T周期の場合は、すべての範囲で変調度は低く、歪んだ波形しか得られなかった。この場合、1T周期では、十分な記録パワー照射時間と冷却時間とが両立する範囲が存在しないためと考えられる。

【0215】以上の結果から、分割記録パルス発生方法2または3で、少なくとも $2 \leq i \leq m-1$ の中間分割記録パルス群において、 $\alpha_i = \alpha_i' = 1$ 、 $\beta_i = \beta_i' = 1$ と設定することが好ましいことがわかる。続いて、上記ディスクが、14m/s及び17.5m/s(DVD線速3.5m/sの4及び5倍速に相当)の高線速で高速消去が可能であることを以下のようにして確認した。即ち、8Tマーク用の分割記録パルスと8Tのマーク間長とからなる繰り返しパターン(8Tパターン)と、3Tマーク用の分割記録パルスと3Tのマーク間長とからなる繰り返しパターン(3Tパターン)とを用いて、オーバーライトを行なった。3Tパターンを9回オーバーライト後、10回目に8Tパターンをオーバーライトして、3T信号のキャリアレベルの低下率をオーバーライト消去比として求めた。DVDと同じ記録密度となるよう線速と基準クロック周期との積を一定として、それぞれのオーバーライト消去比を求めたところ、14m/s及び17.5m/sそれぞれで25dB以上の値が得られた。

【0216】さらに、前記分割記録パルス発生方法3に基づいて、周期2Tをベースとしたパルス分割方法を3T~11T及び14Tマーク長からなるEFM+変調信号記録を線速14m/s及び16.8m/s(DVD線速3.5m/sの4倍速及び4.8倍速)に対して行なった。4倍速におけるクロック周波数は104.9MHz、クロック周期は9.5nsecであり、4.8倍速におけるクロック周波数は125.9MHz、クロック周期は7.9nsecである。具体的なパルス分割方法は図26に示す通りである。nが偶数、つまりマーク長が $nT = 2LT$ (ただし、Lは2以上の整数)の場合、マークの記録に際して、マークを $m = L$ 個の区間に分割し、記録パルス区間 $\alpha_i T$ 及びオフパルス区間 $\beta_i T$ における $\alpha_i$ 及び $\beta_i$ を、

【0217】



【数27】 $T_{d1} + \alpha_1 = 2$  ( $T_{d1} = 0.95$ )

$\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )

とし、一方、 $n$ が奇数、つまりマーク長が $nT = (2L + 1)T$ の場合、マークの記録に際して、マークを $m = L$ 個の区間に分割し、記録パルス区間 $\alpha_i T$ 及びオフパルス区間 $\beta_i T$ における $\alpha_i$ 及び $\beta_i$ を、

【0218】

【数28】 $T_{d1}' + \alpha_1' = 2.05$  ( $T_{d1}' = 1$ )

$\beta_1' + \alpha_2' = 2.45$

$\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$  ( $3 \leq i \leq m-1$ )

$\beta_{m-1}' + \alpha_m' = 2.45$

とした。この場合、 $L=2$ では $\beta_1' + \alpha_2' = 2.9$ とし、 $\alpha_m = 1$ 、 $\alpha_m' = \alpha_m + 0.2 = 1.2$ とした。

【0219】そして、 $L \geq 3$ の場合は、中間記録パルス群は、 $\alpha_i' = \alpha_i = 1$ 、 $\beta_i' = \beta_i = 1$  ( $2 \leq i \leq m-1$ )で一定とし、 $\alpha_m = \alpha_m' = 1$ で一定とした。また、 $L \geq 2$ では、 $\alpha_1 = \alpha_1' = 1.05$ 及び、 $\beta_m = \beta_m' = 0.4$ で $n$ によらず一定とした。さらに $3T$ の場合は、 $T_{d1} = 1.15$ 、 $\alpha_1 = 1.2$ 、 $\beta_1 = 0.8$ でちょうど $3T$ マーク長を得た。なお、図25では、記録パルス区間と、オフパルス区間を、それぞれ矩形波の上底及び下底として示している。具体的な区間長は、数字で記載されており、上底及び下底の長さ自体は、区間長に対応して表記されているわけではない。

【0220】バイアスパワー $P_{bi}$ は $i$ によらず一定の値 $P_b = 0.5 \text{ mW}$ とし、消去パワー $P_e$ は $4.5 \text{ mW}$ とした。記録パワー $P_{wi}$ も $i$ によらず一定とし9回オーバーライト後のエッジ・ツー・クロックジッタと変調度の記録パワー依存性を測定した。再生は、再生光パワー $P_r = 0.8 \text{ mW}$ 、線速度 $3.5 \text{ m/s}$ で行った。いずれの記録線速においても図27の(a)及び(b)に示すように、記録パワー $15.0 \text{ mW}$ においてエッジ・ツー・クロックジッタは $10\%$ 未満、変調度は $60\%$ 以上を実現している。また $R_{top}$ は約 $18\%$ であった。記録パワー $15.0 \text{ mW}$ でオーバーライト依存性を測定したところ、図27の(c)に示すように $10000$ 回後もエッジ・ツー・クロックジッタは $11\%$ 以下であった。このとき $R_{top}$ 及び変調度はオーバーライトによってほとんど変化しなかった。

【0221】さらに、同様のディスクに対して、前記分割記録パルス発生方法3に基づいた図28に示すパルス分割方法を用いてEFM+変調信号記録をDVD2倍速に相当する線速 $7 \text{ m/s}$ 、クロック周波数 $52.5 \text{ MHz}$  (クロック周期 $19.1 \text{ nsec}$ )で記録を行なった。4倍速及び4.8倍速記録と同様にバイアスパワーを一定 $P_b = 0.5 \text{ mW}$ とし、消去パワー $P_e$ を $4.5 \text{ mW}$ としたうえで、記録パワー $P_{wi}$ も $i$ によらず一定とし9回オーバーライト後のエッジ・ツー・クロックジッタと変調度の記録パワー依存性を測定した。図27(a)及び(b)に示すように、記録パワー $13.0 \text{ m}$

Wでエッジ・ツー・クロックジッタは $8\%$ 未満、変調度は $57\%$ 以上を実現している。 $R_{top}$ は約 $18\%$ であった。記録パワー $13.0 \text{ mW}$ でオーバーライト依存性を測定したところ、図27(c)に示すように、 $10000$ 回後もエッジ・ツー・クロックジッタは $11\%$ 以下であった。このとき $R_{top}$ 及び変調度はオーバーライトによってほとんど変化しなかった。

【0222】以上より、分割記録パルス発生方法3に基づいたパルス分割方法を用いることによって、DVD線速の2倍速から4.8倍速という広い範囲での記録が可能であることが分かる。従って、この方法を用いることによって、例えば、DVDのデータエリアである半径約 $24 \text{ mm}$ から約 $58 \text{ mm}$ の半径範囲において、回転角速度を一定とした記録が可能となる。

【0223】

【発明の効果】本発明によれば、基準クロック周期が短い場合でも良好なマーク長変調記録が行え、光記録媒体の高密度化、高速記録化が可能となる。ひいては、記録可能な光ディスクの大容量化が可能となり、また光ディスクの記録速度及び転送レートを高めることができ、音楽・映像などの大量データ記録やコンピュータの外部記憶装置用としての用途を大きく広げることができる。例えば、CD線速の12倍速以上でEFM変調マークのオーバーライトを行なう書き換え型CDや、DVD線速で4倍速以上でEFM+変調マークのオーバーライトを行なう書き換え型DVDを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる記録パルス分割方式とその発生方法の一例の説明図

【図2】従来の記録パルス分割方式の説明図

【図3】相変化型光記録媒体の記録マーク形状及び反射率変化を説明する模式図

【図4】相変化型光記録媒体の記録層に記録光を照射した際の温度履歴の例

【図5】EFM変調信号の再生波形(アイパターン)の模式図

【図6】本発明実施例の11Tマークの記録パルス分割の例

【図7】本発明実施例1における、 $\alpha_1$ とマーク時間長の関係を示すグラフ

【図8】本発明実施例1における、 $\beta_m$ とマーク時間長の関係を示すグラフ

【図9】本発明実施例1における、EFMランダムパターンの記録パルス分割の一例

【図10】本発明実施例1におけるマーク時間長/スペース時間長の測定値の理論値との関係を示すグラフ

【図11】従来の11Tマーク/11Tスペースの記録パルス分割の一例

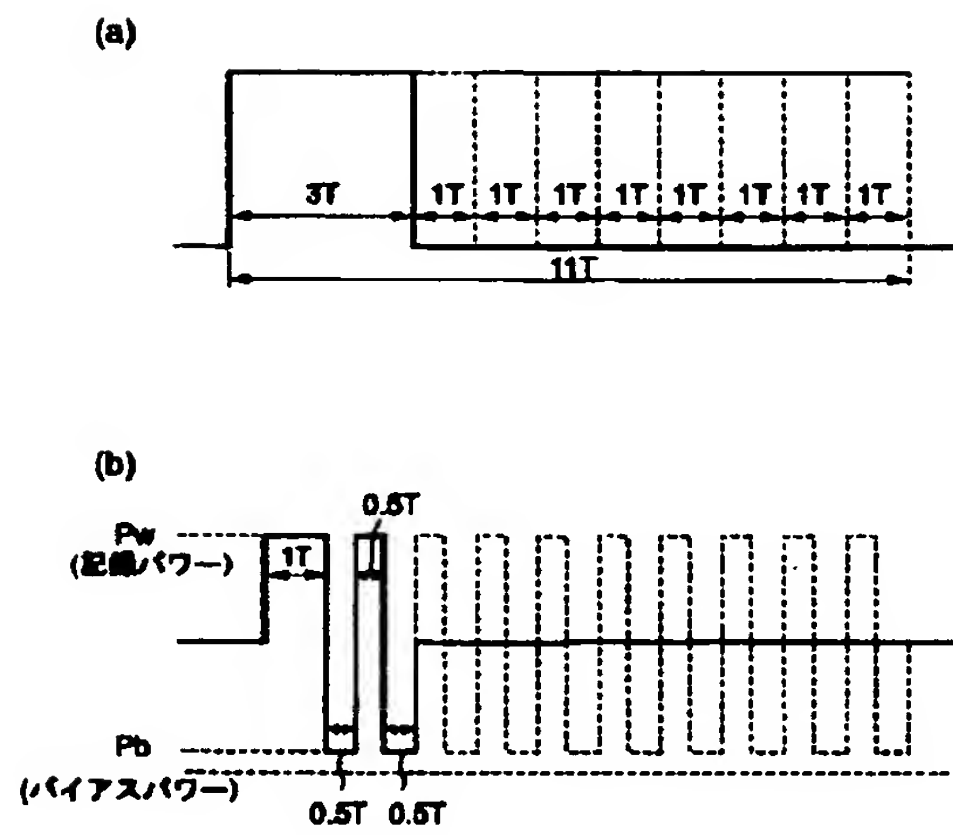
【図12】本発明におけるパルス分割方法の一例を示す説明図

【図21】実施例3の(3)におけるマーク長及びマー

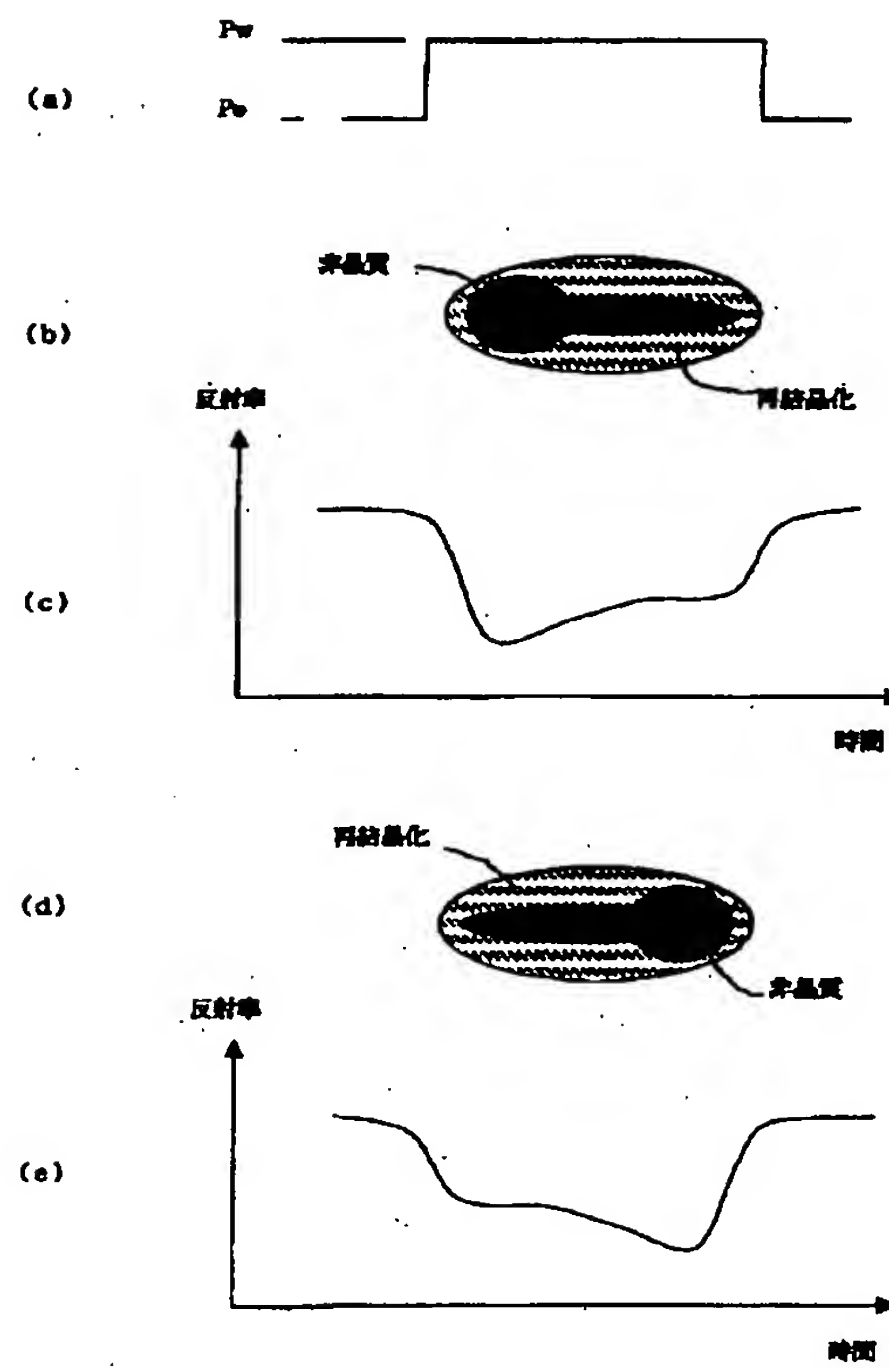
【図28】実施例4におけるパルス分割方法の他の具体例を示す説明図

A diagram showing a series of overlapping, wavy layers. The layers are defined by horizontal dashed lines. The total height from the bottom to the top of the layers is labeled  $l_{top}$ . The height of the first layer is labeled  $l_{11}$ . The height of a single layer is labeled  $l_3$ . The height of the entire structure, including the layers and the space between them, is labeled  $l_{slica}$ . The bottom of the structure is labeled "ZERO LEVEL".

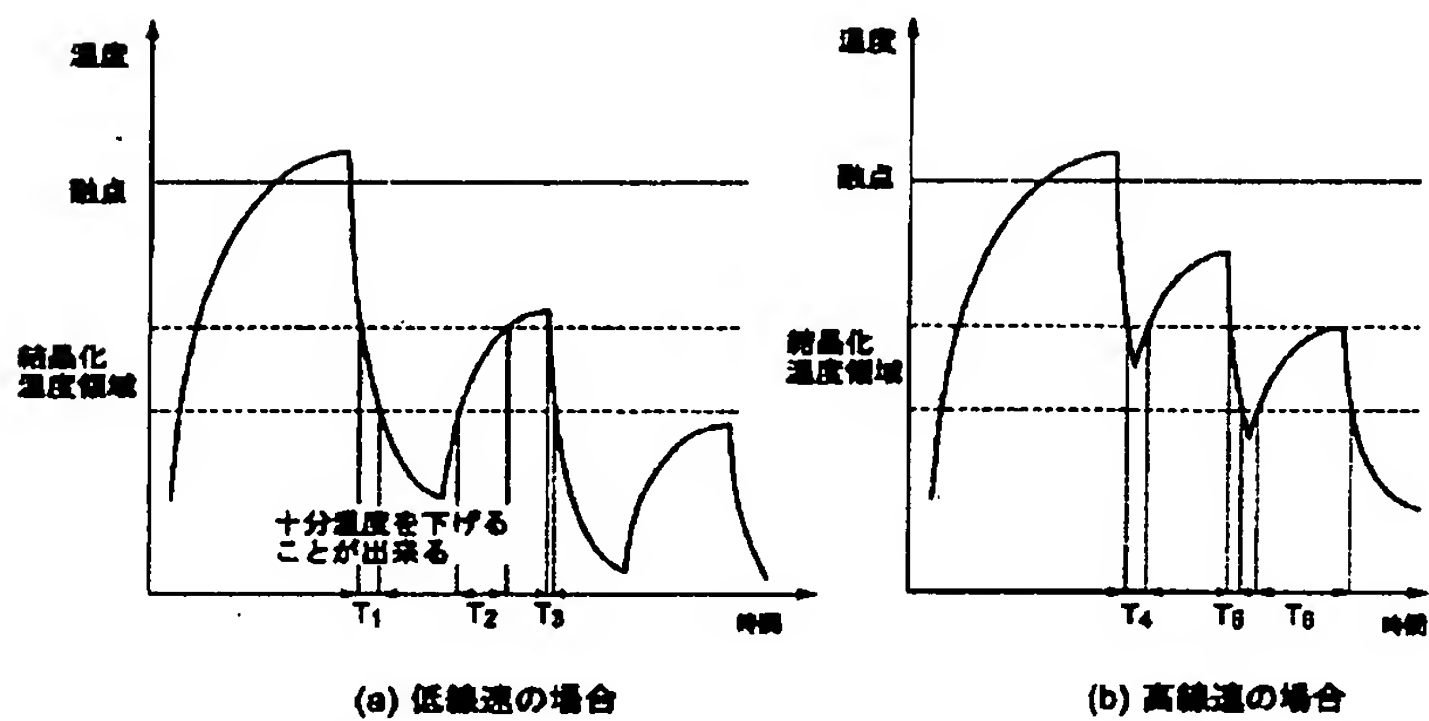
【図2】



【図3】

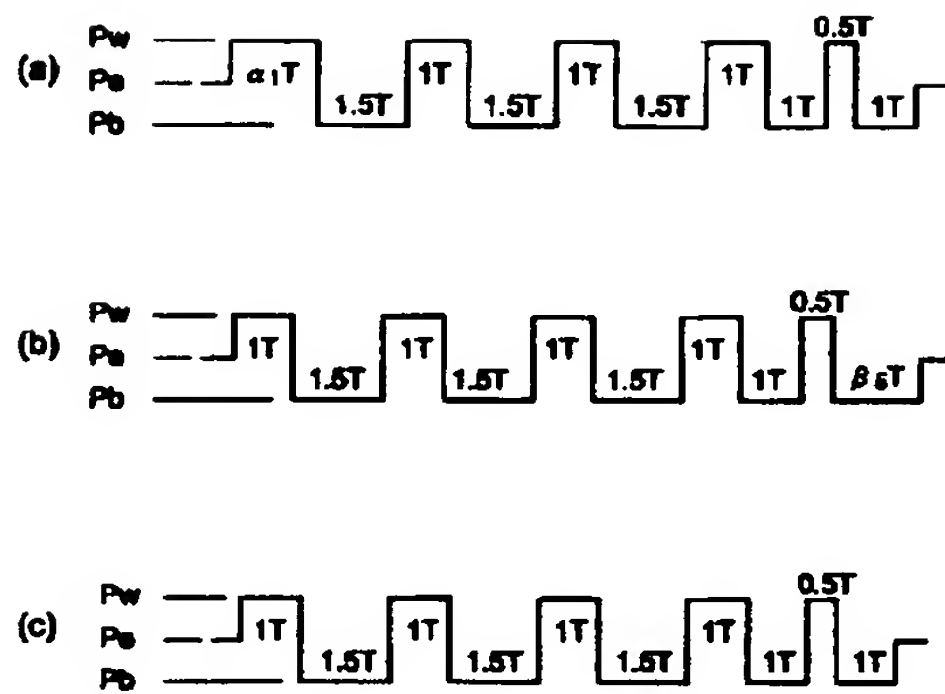


【図4】

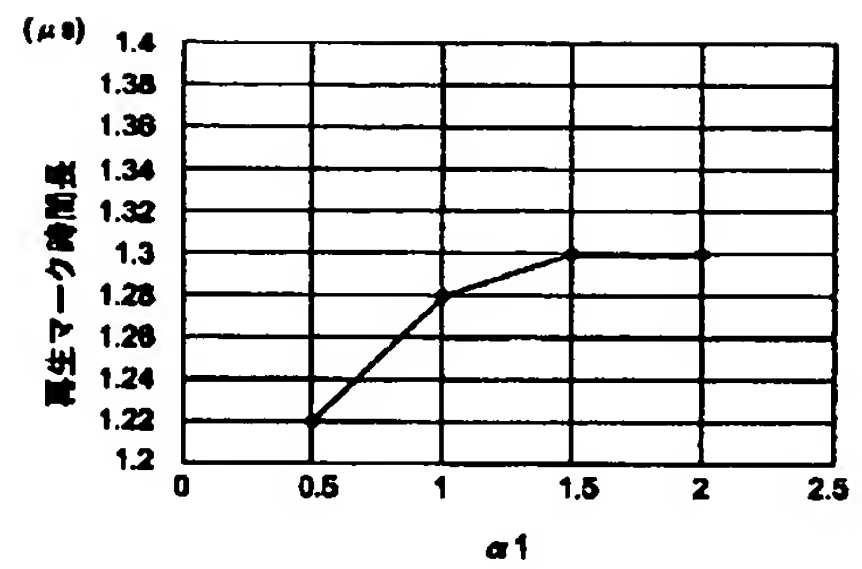




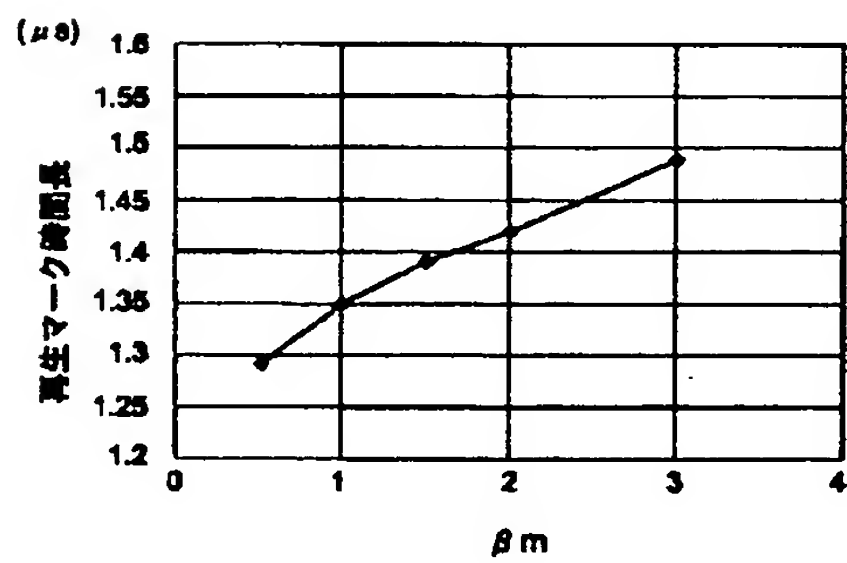
【図6】



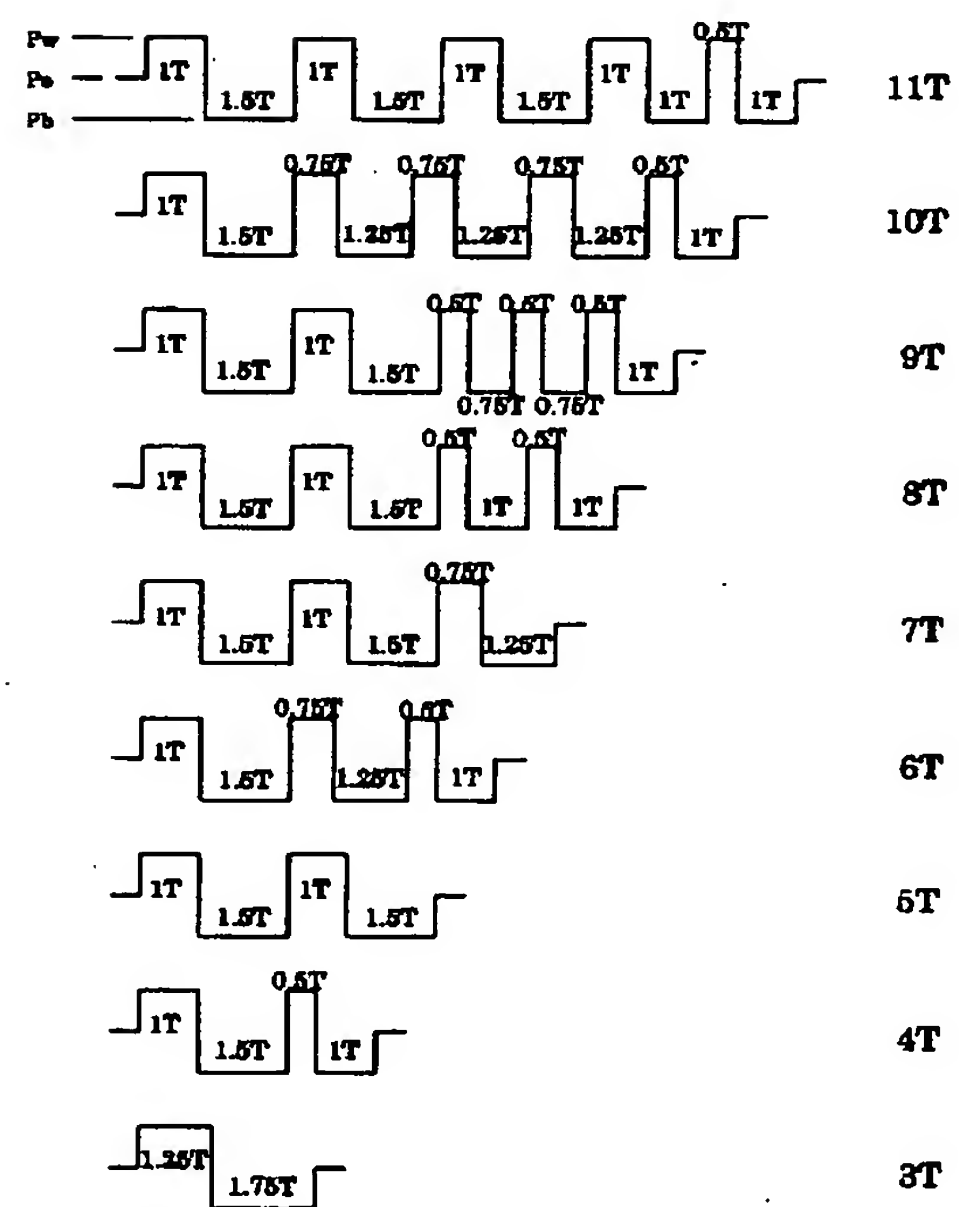
【図7】



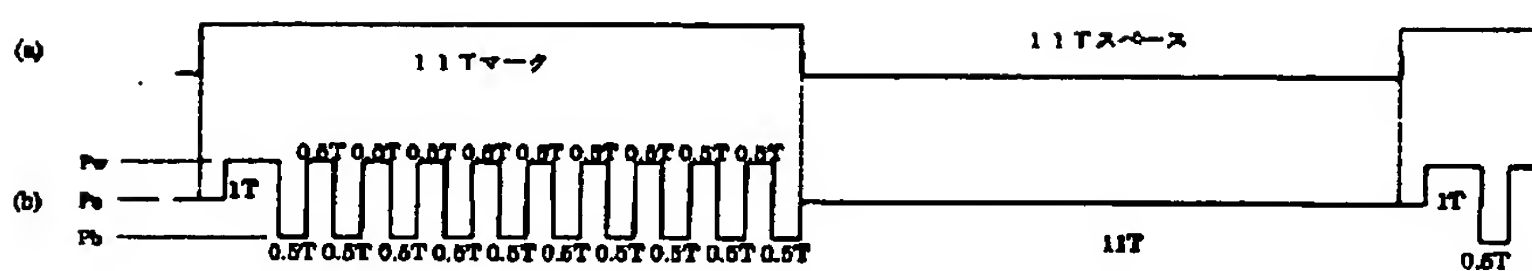
【図8】



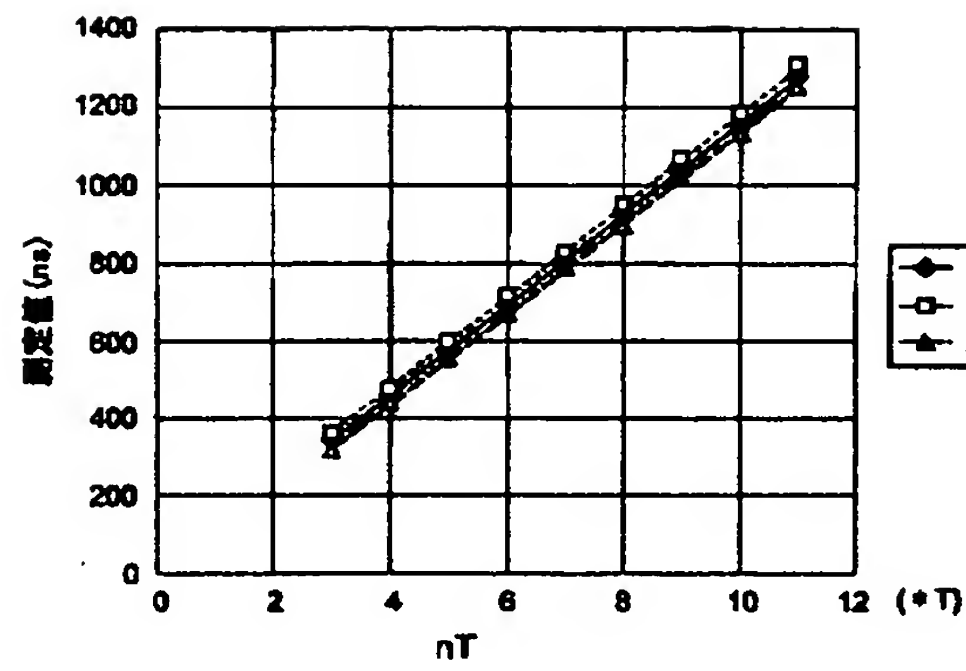
【図9】



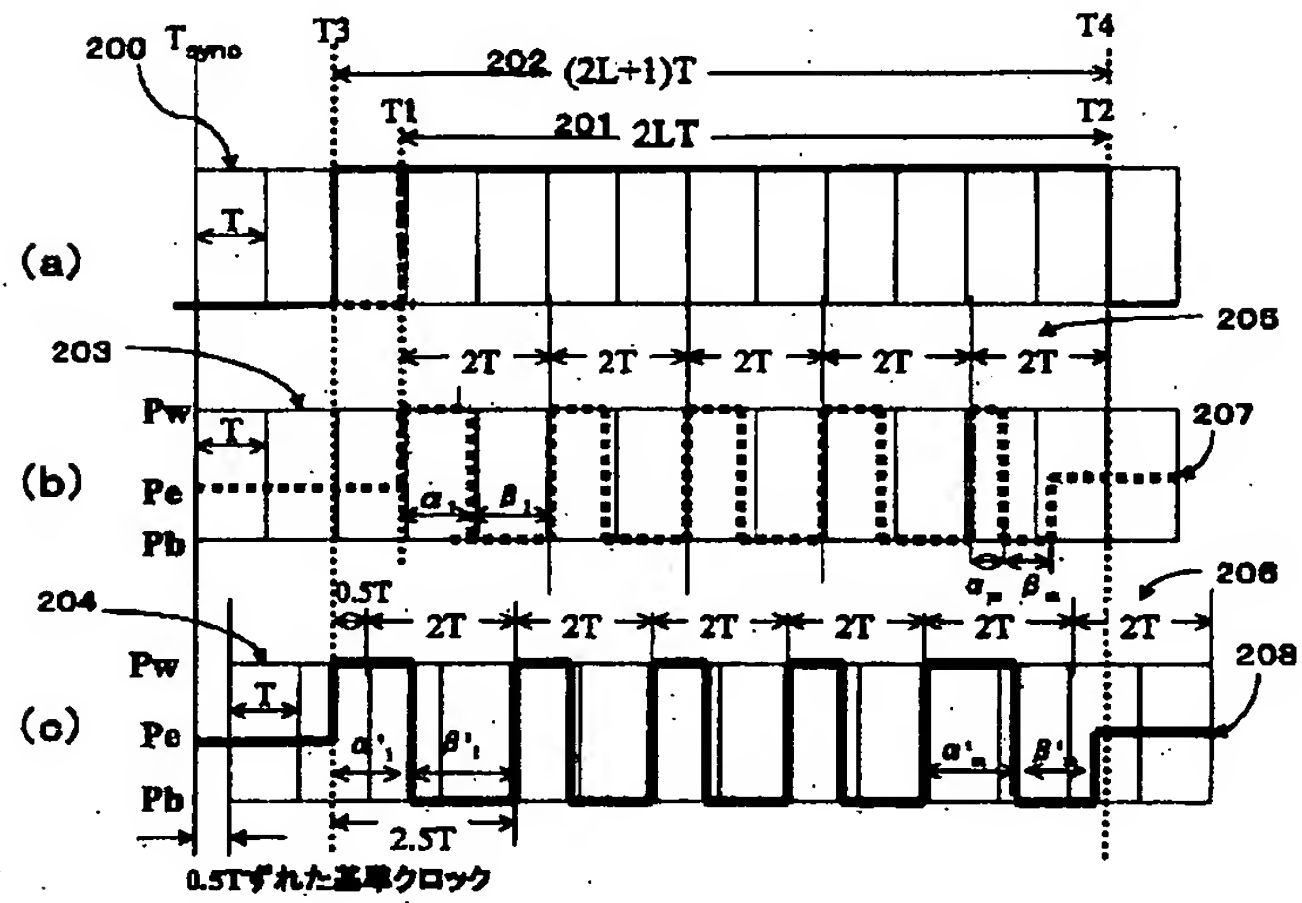
【図11】



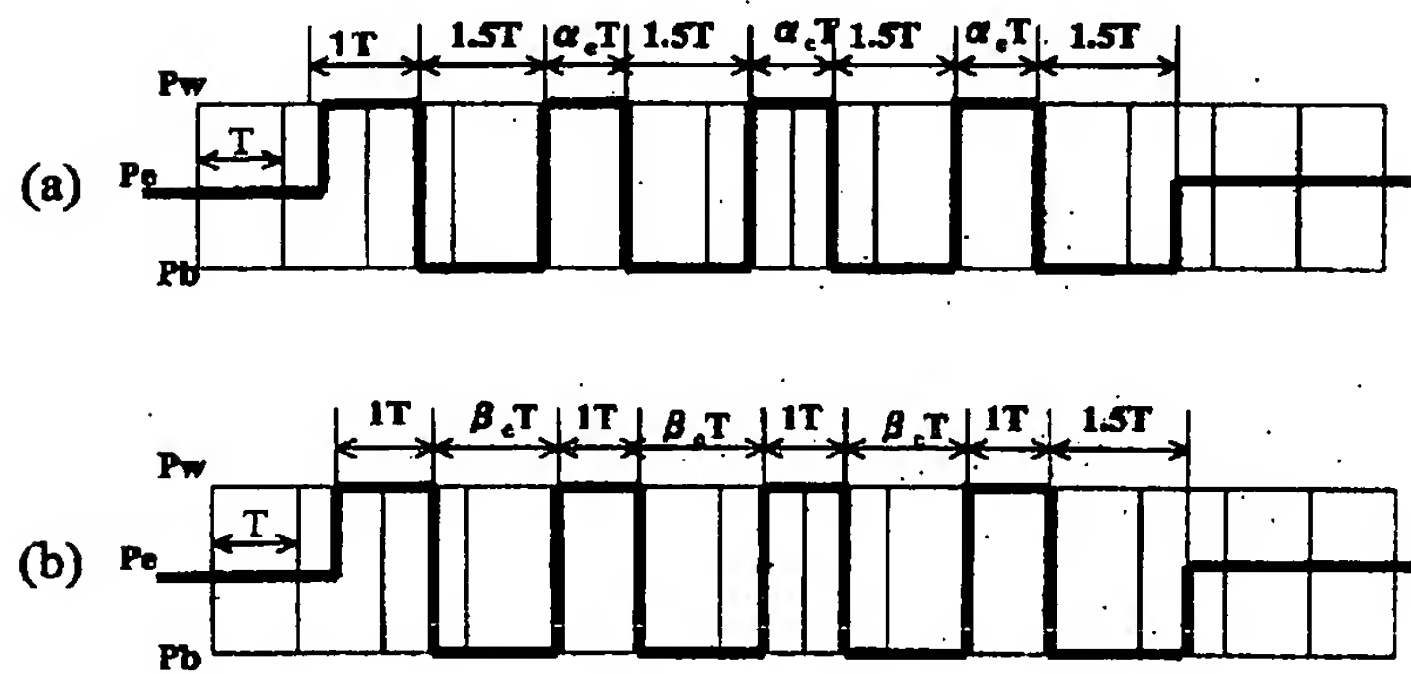
【図10】



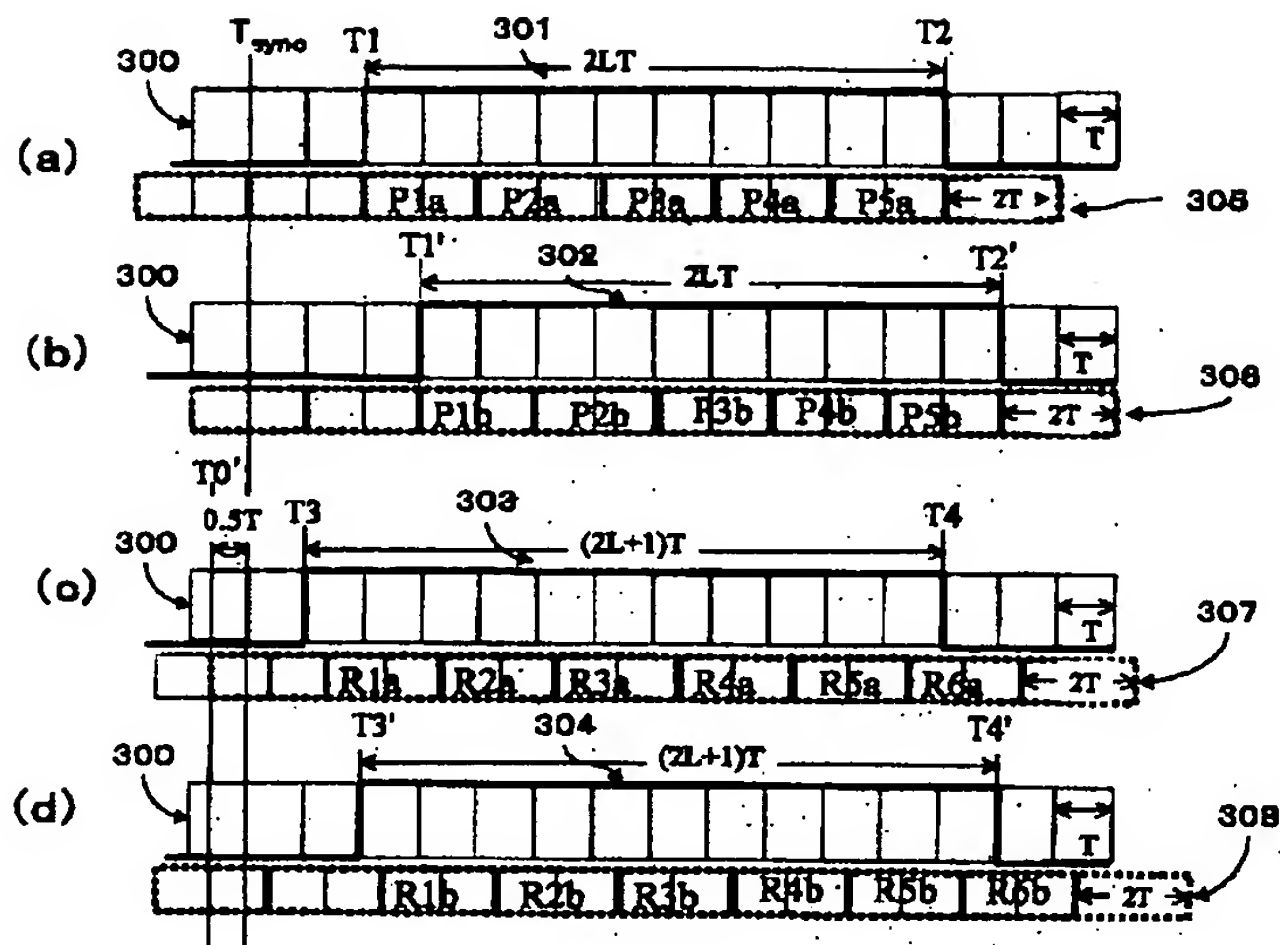
【図12】



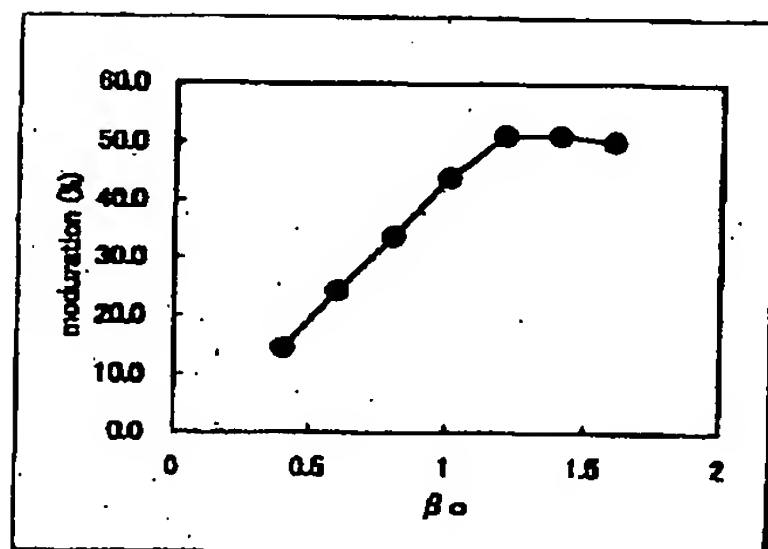
【図14】



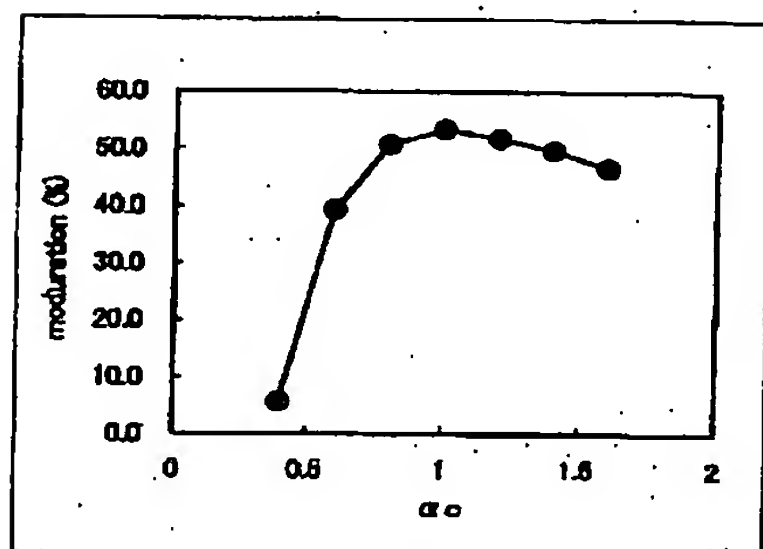
【図13】



【図15】

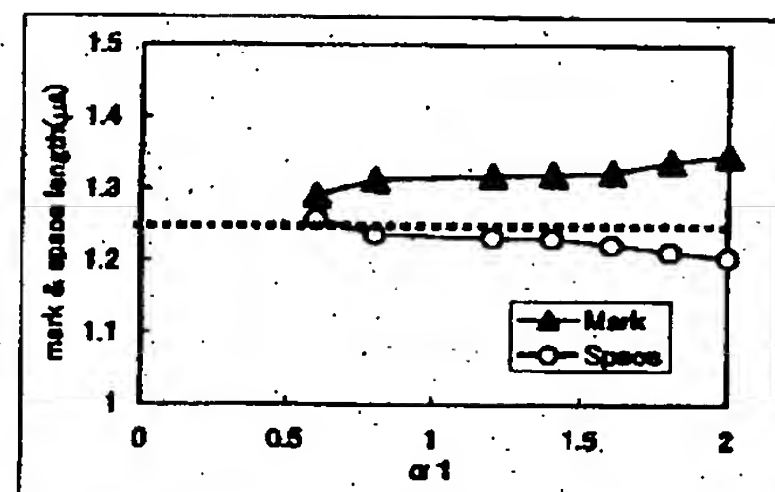


(a)

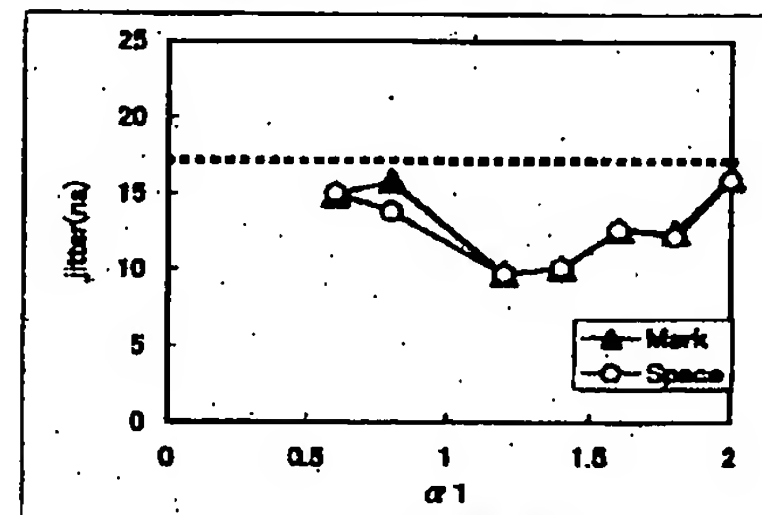


(b)

【図17】



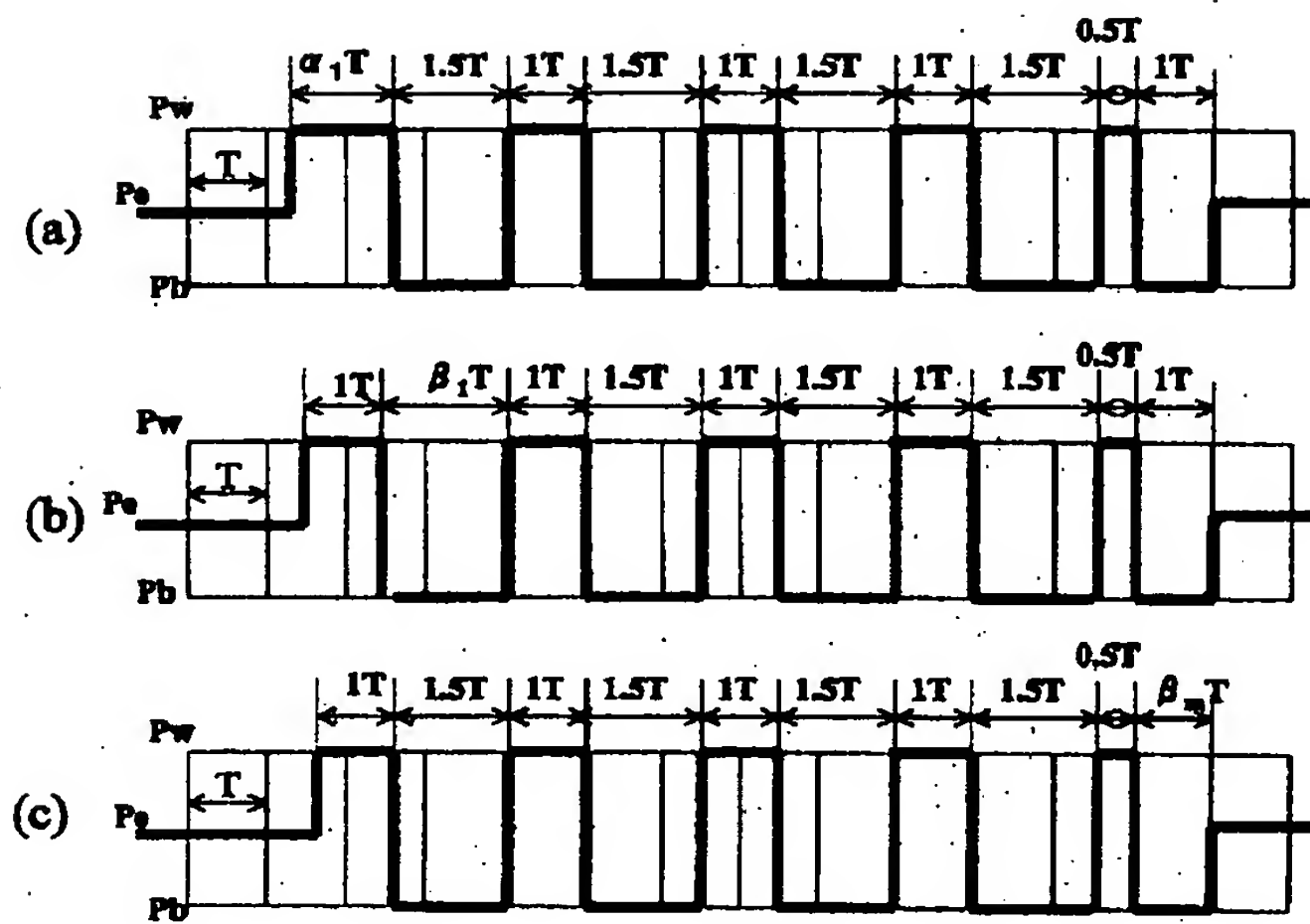
(a) マーク(mark)長及びマーク間(space)長



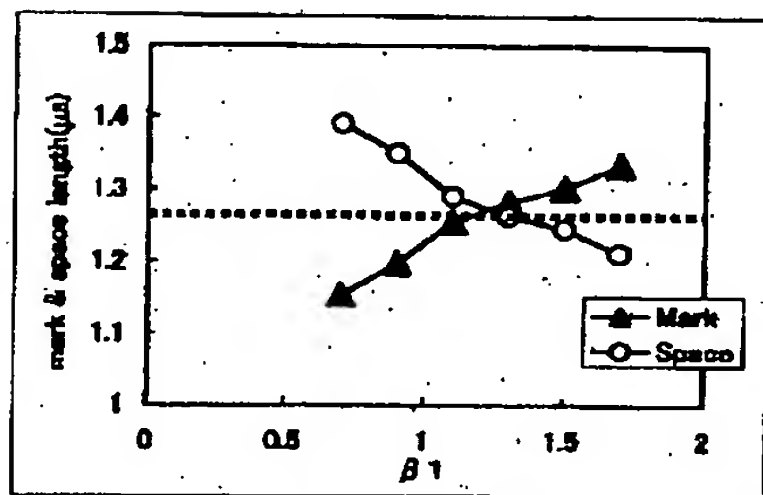
(b) マーク(mark)及びマーク間(space)ジッタ



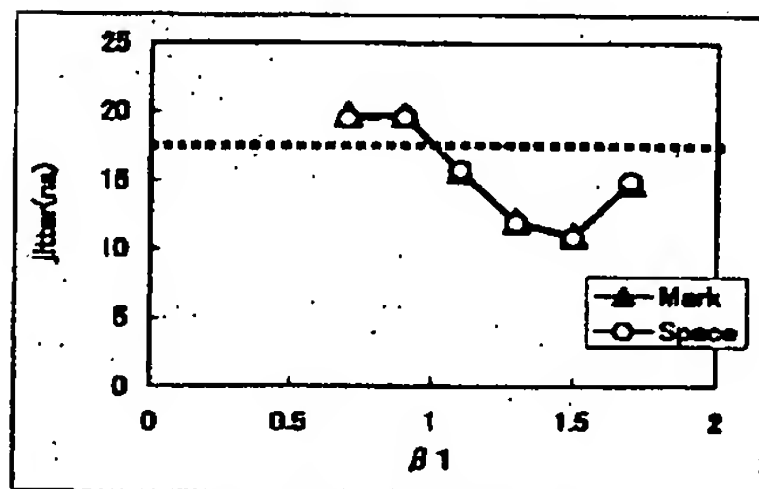
【図16】



【図18】

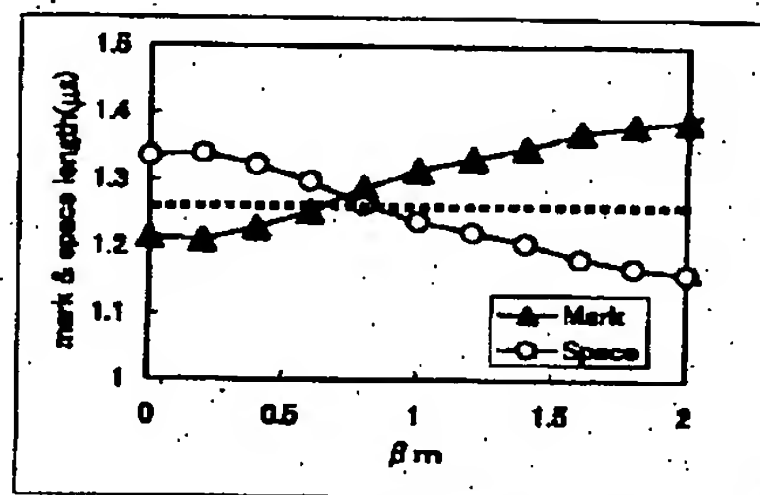


(a) マーク(mark)長及びマーク間(space)長

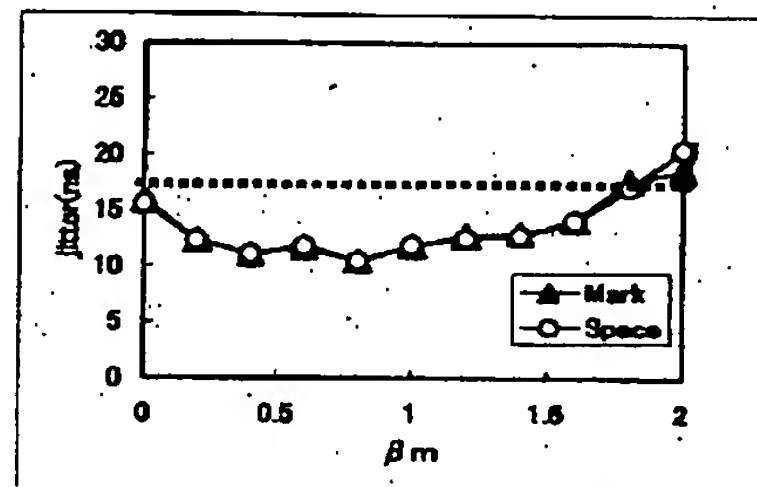


(b) マーク(mark)及びマーク間(space)ジッタ

【図19】



(a) マーク(mark)長及びマーク間(space)長

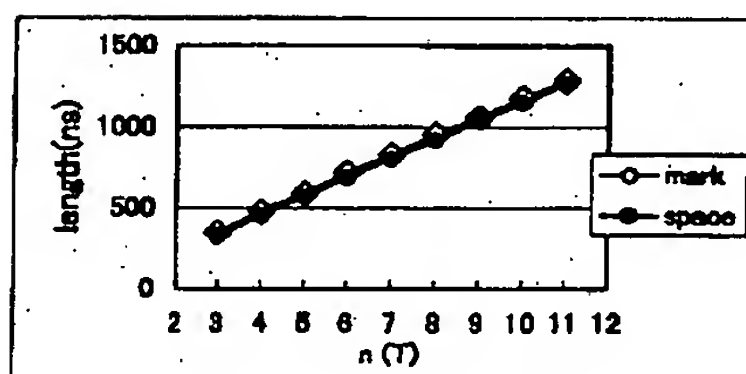


(b) マーク(mark)及びマーク間(space)ジッタ

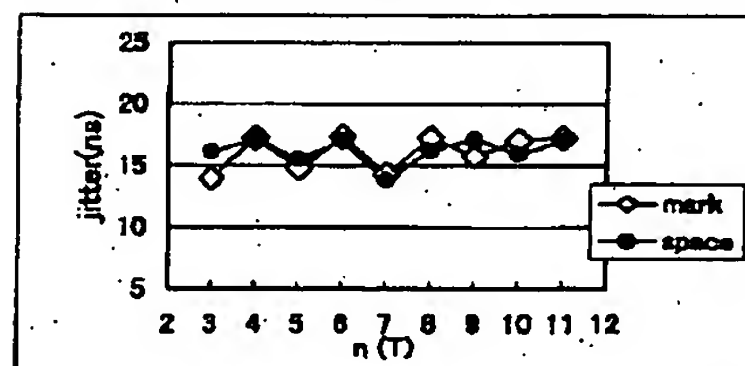
【図20】

	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\alpha 5$	$\beta 5$
3T	1.2T	1.5T								
4T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T						
5T	1.0T	1.5T	1.0T	1.1T						
6T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T				
7T	1.0T	1.5T	0.8T	1.2T	1.0T	1.1T				
8T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T		
9T	1.0T	1.5T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	1.0T	1.1T		
10T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T
11T	1.0T	1.5T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	1.0T	1.1T

【図21】

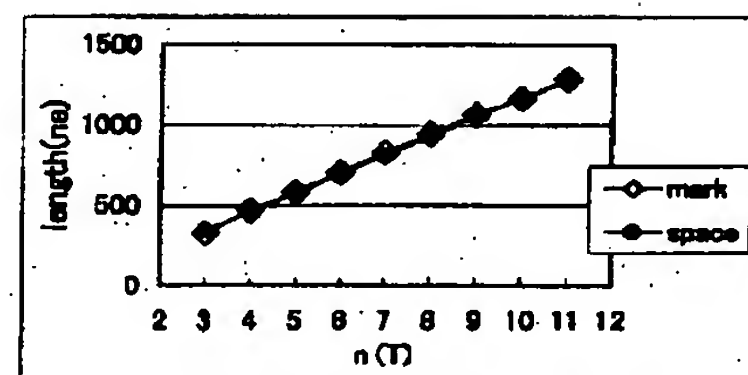


(a) マーク(mark)長及びマーク間(space)長

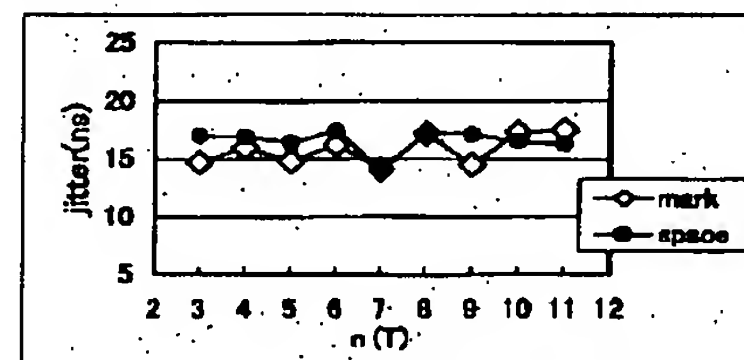


(b) マーク(mark) 及びマーク間(space)ジッタ

【図23】



(a) マーク(mark)長及びマーク間(space)長

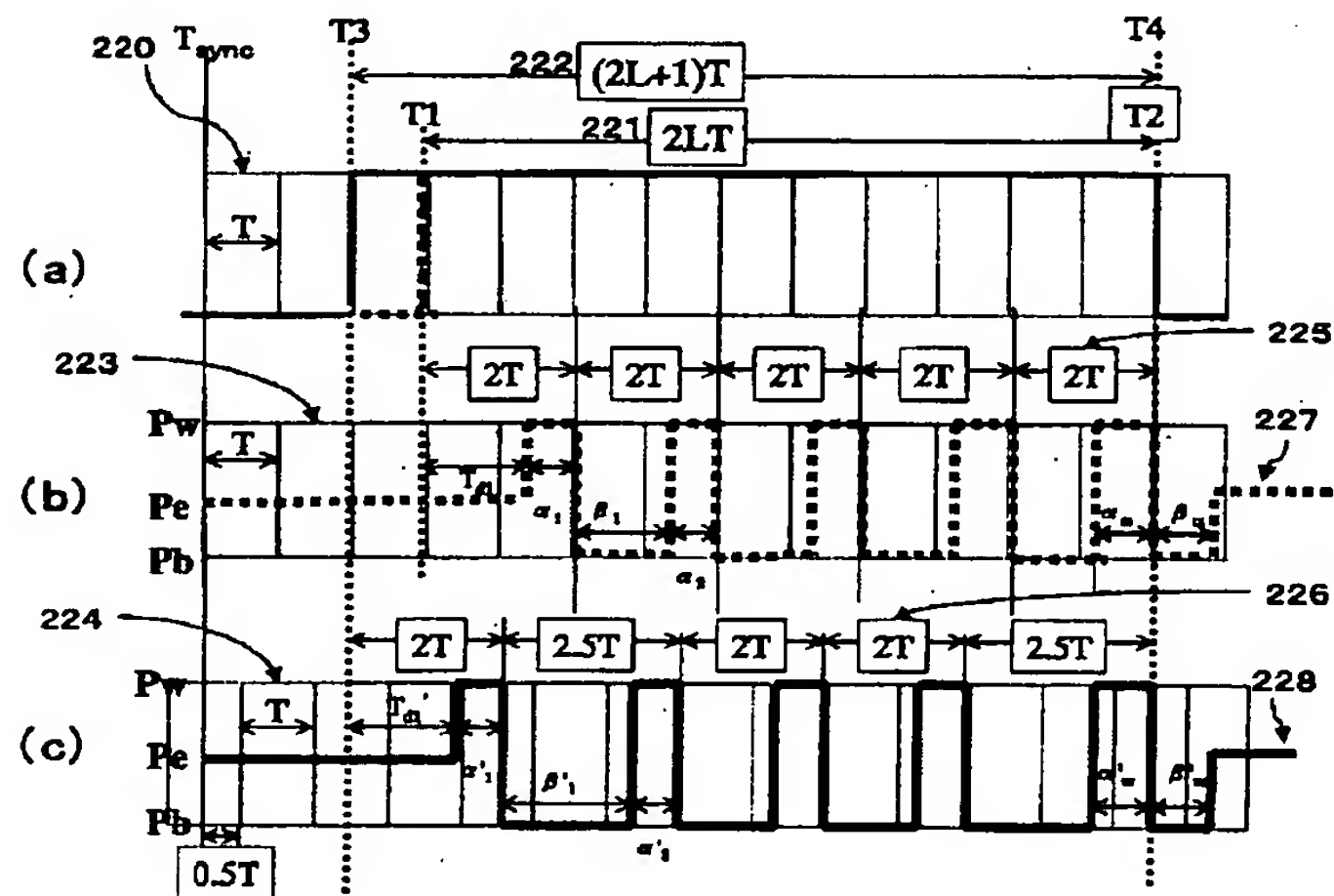


(b) マーク(mark) 及びマーク間(space)ジッタ

【図22】

	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\alpha 5$	$\beta 5$
3T	0.5T	2.4T								
4T	0.6T	1.4T	0.5T	1.4T						
5T	0.6T	1.8T	0.6T	1.6T						
6T	0.6T	1.4T	0.5T	1.5T	0.5T	1.4T				
7T	0.6T	1.8T	0.5T	1.6T	0.6T	1.6T				
8T	0.6T	1.4T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.5T	1.4T		
9T	0.6T	1.8T	0.5T	1.6T	0.5T	1.5T	0.6T	1.6T		
10T	0.6T	1.4T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.6T	1.5T	0.5T	1.4T
11T	0.6T	1.8T	0.5T	1.6T	0.5T	1.6T	0.6T	1.6T	0.6T	1.6T

【図24】

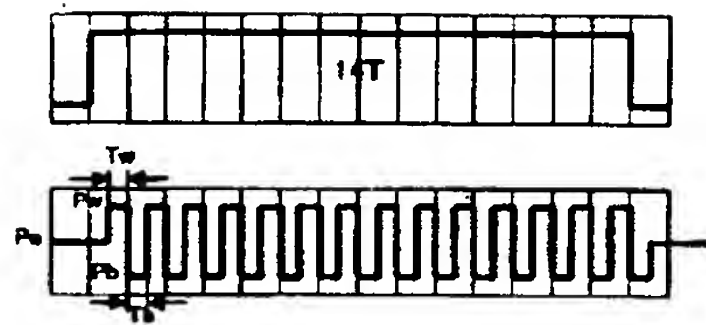


【図26】

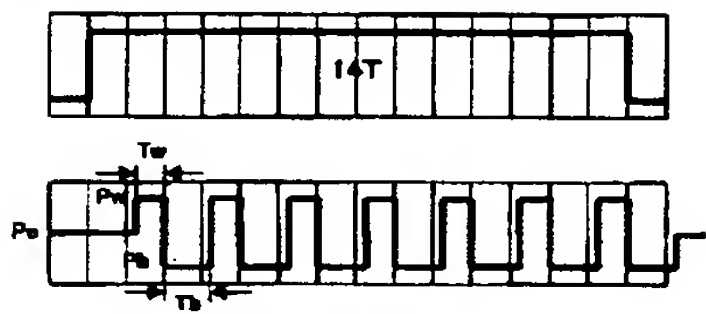
	Td1	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\alpha 5$	$\beta 5$	$\alpha 6$	$\beta 6$	$\alpha 7$	$\beta 7$
3T	1.18T	1.5T	0.6T												
4T	0.88T	1.05T	1.0T	1.0T	0.6T										
5T	1.0T	1.05T	1.2T	1.0T	0.6T										
6T	0.88T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	0.6T									
7T	1.0T	1.05T	1.48T	1.0T	1.48T	1.0T	0.6T								
8T	0.88T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	0.6T							
9T	1.0T	1.05T	1.48T	1.0T	1.0T	1.0T	1.48T	1.0T	0.6T						
10T	0.88T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	0.6T					
11T	1.0T	1.05T	1.48T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.48T	1.0T	1.0T	0.6T				
12T	0.88T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	0.6T			



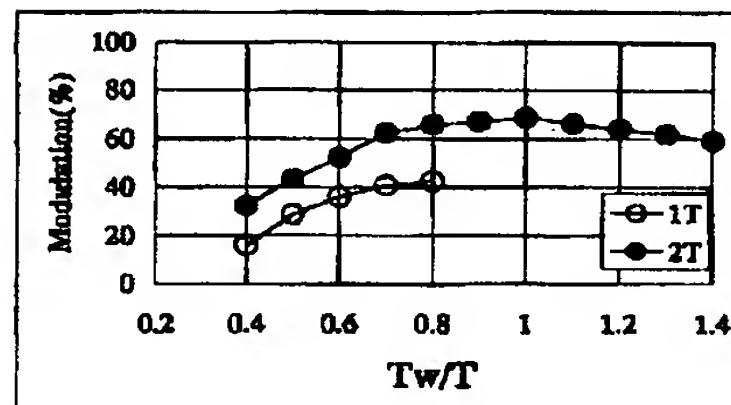
【圖 25】



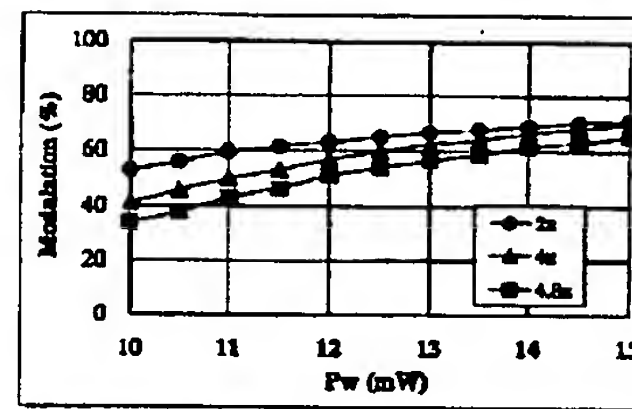
(a) 14周期出力 ( $T_w + T_b = 1T$ )



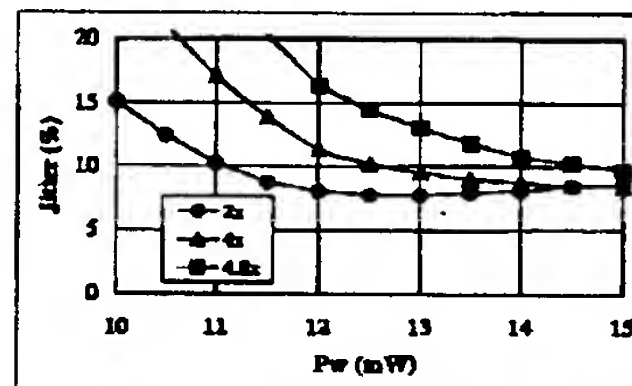
(b) 7 周期パルス ( $T_w + T_b = 2T$ )



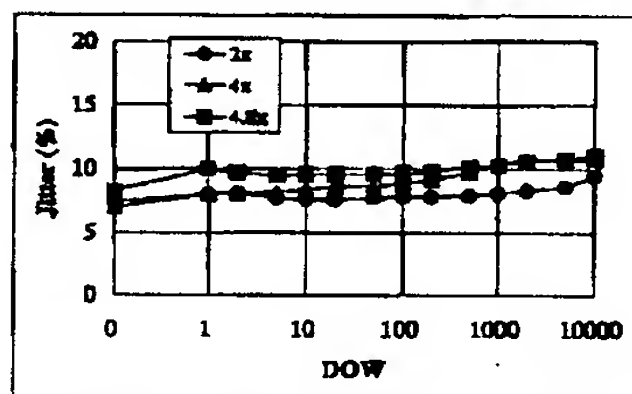
【図27】



### (a) 変調度の記録パワー依存性



(b) エッジ・ツー・クロック ジッタの記録パワー依存性



(c) エッジ・ツー・クロックジッタのオーバーライト回数依存性

【圖28】

[illegible]

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H111 EA04 EA12 EA23 EA32 FB04  
FB05 FB09 FB10 FB12 FB16  
FB17 FB19 FB21 FB22 FB23  
FB25 FB27 FB30  
5D029 JA01  
5D090 AA01 BB05 CC02 DD03 EE06  
FF17 GG03 KK05